SCIENCE du MONDE

NOUVEAU

LES PROGRÈS DES PHYSICIENS SUR L'ADN

LES DÉCOUVERTES DE L'INFINIMENT PETIT

LE MONDE DEVIENT QUANTIQUE

RÉVOLUTION DANS LA RECHERCHE MÉDICALE ET SCIENTIFIQUE

VOUS AVEZ DIT COMPLOT ? Vers des cerveaux programmés et manipulés

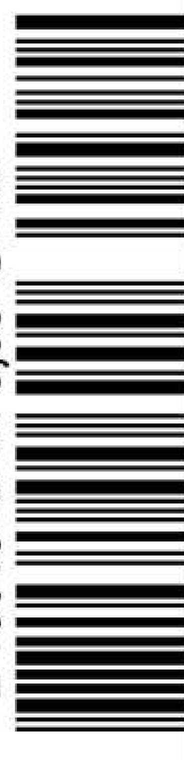
VIVRE DANS L'ESPACE

Voyage aux limites de l'Univers

INSECTES



Une sexualité débridée



N°2 - Bimestriel - Mars - Avril 2019 - BEL : 7,20 €



SCIENCE du MONDE

LE MONDE DEVIENT QUANTIQUE

N°2 - Bimestriel - Mars - avril 2019

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

SCIENCE magazine

N°61
14e année
www.entreprendre.fr

ORDINATEUR QUANTIQUE
Le plus intelligent de la Terre !

NOTRE ADN CÉRÉBRAL PEUT CHANGER...

LES MUTATIONS DU CERVEAU

On découvre que les neurones peuvent se modifier

L'incroyable influence de l'électricité et des champs magnétiques

POURQUOI L'HUMAIN PEUT LIRE DANS LES PENSÉES

NANO-MÉDECINE
Les maladies que l'on saura soigner

Lafont presse

En kiosques ou sur www.lafontpresse.fr

ABONNEZ-VOUS
Et renvoyez ce bon dument rempli à *Lafont Presse*
53 rue du Chemin Vert - CS 20056 - 92772 Boulogne-Billancourt Cedex

SCIENCE magazine

OUI, je m'abonne à *Science magazine* (papier + numérique) et le recevoir chez moi (10 numéros dont 2n° gratuits au prix de 47€)

Nom : .... Prénom : ....
Adresse : ....
Code Postal : .... Ville : ....
Télephone : .... Date de naissance : ....
Courriel : |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

❑ Je Chèque par bancaire ou Lafont postal presse
53 rue du Chemin Vert -
par carte Bancaire visa
N° |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|
expire fin |_|_|_|_|_|_|_|
cryptogramme (les trois derniers chiffres au dos de votre carte) |_|_|_|

signature :

Conformément à la loi "informatique et libertés" du 6 janvier 1978 modifiée en 2004, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent. Vous pouvez accéder aux informations vous concernant, les rectifier et vous opposer à la transmission éventuelle de vos coordonnées en cochant la case ci-contre ❑ ou en adressant un courrier libre à Lafont presse 53, rue du Chemin vert, 92100 Boulogne Billancourt.
Tarif DOM TOM et étranger : + 2 € par revue servie

○ En cadeau, je reçois La Revue de la Science

Abonnez-vous sur www.lafontpresse.fr

SCIENCE du MONDE

Edité par *Entreprendre* (LAFONT PRESSE)
53, rue du Chemin Vert - CS 20056
92772 Boulogne-Billancourt Cedex
www.lafontpresse.fr - Tél. : 01 46 10 21 21

Directeur de la publication et de la rédaction :
Robert Lafont - robert.lafont@lafontpresse.fr

Secrétaire générale des rédactions :
Isabelle Jouanneau - Tél. : 01 46 10 21 21
isabelle.jouanneau@lafontpresse.fr

Rédaction : Sacha Lorens, Michel Vidal, Anne-Sophie Lamy, Robert de Villiers, Julien Doré, Anne-Sophie Châtillon, Jean-François de La Verdure, Raoul Macron, et les rédactions de *Lafont presse.*

ADMINISTRATION
Directeur comptable : Didier Delignou
didier.delignou@lafontpresse.fr
Comptable : Alizée Dufraisse - Tél. : 01 46 10 21 03
alizee.dufraisse@lafontpresse.fr

PUBLICITÉ & PARTENARIATS
Directeur : Éric Roquebert
Tél. : 01 46 10 21 06 - eric.roquebert@lafontpresse.fr

FABRICATION
Impression : SIB (62 - Boulogne sur Mer)
Communication environnementale : Origine du papier : Allemagne - Taux de fibres recyclées : 100% - Certification : PEFC - Eutrophisation : PTot 0.001 Kg/t.

FABRIQUE EN FRANCE

DIFFUSION PRESSE
Isabelle Jouanneau - Tél. : 01 46 10 21 21
Isabelle.jouanneau@lafontpresse.fr
Distribution : MLP - Tondeur

ABONNEMENTS
Dominique Bokey - dominique.bokey@lafontpresse.fr

Science du Monde est édité par *Entreprendre*, S.A. au capital de 246 617.28€ - RCS NANTERRE 403 216 617 - SIRET : 403 216 617 000 23 - NAF : 5814Z SA - 53 rue du Chemin Vert - CS 20056- 92772 Boulogne-Billancourt Cedex - Tél. : 01 46 10 21 21.
Toute reproduction, même partielle, des articles et iconographies publiés dans *Science du Monde* sans l'accord écrit de la société éditrice est interdite, conformément à la loi du 11 mars 1957 sur la propriété littéraire et artistique. La rédaction ne retourne pas les documents et n'est pas responsable de la perte ou de la détérioration des textes et photos qui lui ont été adressés pour appréciation.
N° de commission paritaire : en cours - N°ISSN : 2649-4396 - Dépôt légal à parution.
Avertissement : L'éditeur se réserve la possibilité de republier certaines enquêtes ou reportages des titres Lafont presse.

Les magazines positifs Lafont presse

À lire sur lafontpresse.fr

Economie : Entreprendre, Création d'entreprise magazine, Manager & Réussir, Argent & Patrimoine magazine, Placements, Bourse magazine, Spécial Argent, Business event', Nouvel agriculteur. **People :** Journal de France, Intimité, Succès, Enquêtes magazine, Dossier enquêtes, Crimes magazine, Enquêteur national, Histoires vérité, Incroyable, Intimité Dimanche, Spécial People, Paris confidences, La une de l'actualité, Actualité de France, Actualité, Hella, Confidences magazine, Viva Célébrité, Souvenirs Souvenirs, Numéro Spécial, Johnny magazine, Reines & Rois, Royauté, Gotha magazine, Femme de cœur. **Auto :** L'essentiel de l'Auto, Automobile revue, Panorama SUV, Auto magazine, Pratique Auto, Spécial Auto, Auto Souvenir, Voitures classiques, Automobile verte, L'essentiel du camping-car, L'essentiel de la Moto, Tracteurs magazine, Train magazine, Le magazine de l'aviation, L'essentiel du Drone. **Sport :** Le Foot, Le Foot Gazette des Transferts, Le Foot Paris magazine, Le Foot Lyon magazine, Le Foot Marseille, Le Foot magazine, Rugby magazine, Handball magazine, France Basket, Le Sport Femmes, Le Sport, Sport Panorama, Féminin footing, Le Sport Vélo, Cyclisme magazine, Le Sport Tennis, Le Sport Formule 1, Auto sport magazine, Sport souvenirs. **Féminin :** Féminin Psycho, L'essentiel de la Psycho, Santé femme, Santé revue, Santé Info, Féminin Santé, Pratique Santé magazine, Santé revue Seniors, Seniorito, Nutrition magazine, Dossier santé, Santé guide, Réponse parents, Médecine douce, Médecine alternative, Santé bio, 365 jours femme, Le magazine des femmes, Féminin positif. **Maison-Déco :** Maison Décoration, Maison Décoration cuisine, Maison campagne & jardin, L'essentiel de la Déco, Spécial Déco, Bricolez magazine, Faire soi-même, Jardin magazine spécial, Jardiner, Info Jardin, Potager pratique, Jardin potager facile, Potager bio de saison. **Centres d'intérêts :** Spécial Chats, Spécial Chiens, Féminin pratique, Les dossiers pratiques, Pratique magazine, Bio & écologie magazine, Stop Arnaques, Pêche magazine, Chasse magazine, France Evasion, Spécial Seniors, Féminin Senior, Viva Plus, Bien vivre sa retraite, Bel âge, Nouveau magazine. **Cuisine :** Cuisine revue, Cuisine magazine, Spécial Cuisine, Végétarien magazine. **Information-Culture :** Science magazine, L'essentiel de la Science, La revue de la Science, Science et paranormal, Science du monde, Le monde de l'espace, Cerveau & Intelligence, Pratique santé spécial mémoire, Question de Philo, L'événement magazine, Diplomatie internationale, Le journal des gilets jaunes, Informer, La Presse littéraire, Histoire magazine.

Entreprendre, groupe de presse coté à la bourse *d'Euronext Growth* (code ALENR)

www.lafontpresse.fr



Sommaire

N°2 - Bimestriel - Mars - Avril 2019

LE MONDE DEVIENT QUANTIQUE

RÉVOLUTION DANS LA RECHERCHE MÉDICALE ET SCIENTIFIQUE

P.8

4 Actualité de la science et expositions

8 UN MONDE QUANTIQUE ?
10 Des calculs accélérés dans des proportions inouïes
11 Le calcul parallèle est utile pour de nombreuses applications
12 À la moindre perturbation des qubits, tout s'évanouit
13 La course s'accélère !
14 Des qubits de grande robustesse
15 Des architectures tolérantes aux fautes

18 LES INSECTES : ENTRONS DANS UN AUTRE MONDE
20 Une sexualité débridée !
22 D'étonnantes capacités pour de si petites bêtes
28 Les insectes s'entraident, mais toujours par intérêt !
34 Des petits êtres vivants parfois plus malins que l'homme ?

38 DRONES : L'INVASION SE CONFIRME
40 Ils surveillent, filment, cartographient...
41 La France assure le leadership

46 UNE ÉPIDÉMIE MONDIALE
48 Tout se joue dans les 5 premières minutes !

66 LES DERNIÈRES DÉCOUVERTES SUR LA MÉMOIRE
66 Peut-on manipuler nos souvenirs ?
Avoir trop de mémoire : un véritable fardeau !
68 Vaincre Alzheimer : la recherche progresse
Quid des traitements en cours de développement ?
71 Les dernières découvertes

72 VIE DANS L'ESPACE ?
74 Un laboratoire pas comme les autres

82 DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES EN FRANCE
84 Une œuvre d'art unique du Paléolitique !
85 Un art éphémère ?
Nos ancêtres préhistoriques sur le plateau de Brie

92 LE GOUFFRE DE PADIRAC : LÀ EST NÉE LA SPÉLÉOLOGIE
93 Quand la "spéléologie" se faisait à la bougie...
94 Un site unique en Europe
95 Un merveilleux lieu d'aventure et d'apprentissage
96 *« Sous terre, nous ne sommes que des invités. »*

98 CONSCIENT ET INCONSCIENT... OÙ EST LA LIMITE ?
100 Le conscient et l'inconscient travaillent de concert
101 Le cerveau se repose-t-il parfois ?
102 Voix et émotions : la clé est dans le front
103 Rechercher des signatures cérébrales de la conscience
104 Vrais et faux souvenirs : voyage dans les réalités parallèles

106 AVC : DE NOUVEAUX TRAITEMENTS RÉVOLUTIONNAIRES

108 Actualités en bref

Prochain *Science du Monde* le 16 avril 2019

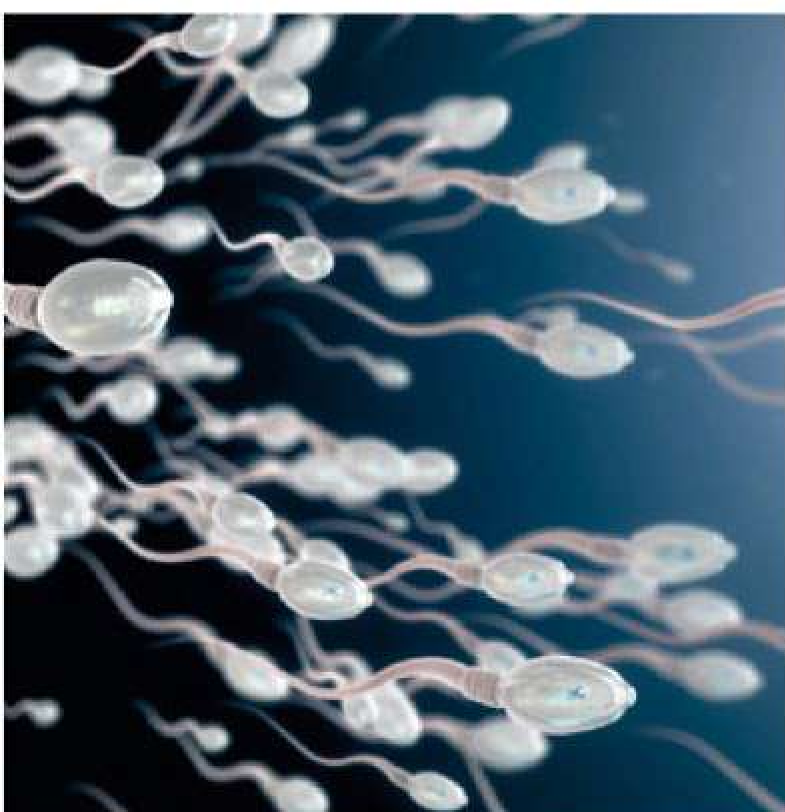
Un même mécanisme pour la vie et la mort

Pour transmettre le génome du père, les spermatozoïdes doivent quitter l'organisme producteur et effectuer un voyage périlleux. Une équipe de chercheurs vient de décrire pour la première fois une étape fondamentale permettant la préparation de l'ADN paternel, mais aussi comment un cancer très agressif peut naître de cette façon.



Les spermatozoïdes sont les seules cellules capables non seulement de survivre dans un environnement hostile mais aussi de délivrer à l'œuf les gènes du père dans un état d'intégrité parfaite. Avant d'être transporté, cet ADN est préparé par une réorganisation globale et une compaction extrême, lors d'une succession d'évènements sans précédent dans d'autres types cellulaires. Paradoxalement, malgré son importance primordiale pour la procréation et la perpétuation des espèces, ce processus reste l'un des phénomènes les plus obscurs en biologie, bien que des travaux antérieurs aient déjà permis de comprendre, dans ses grandes lignes, les mécanismes moléculaires qui dirigent cette compaction du génome mâle.

Un nouveau pas dans la compréhension de ce phénomène a été franchi par les chercheurs en identifiant le mécanisme déclencheur de la compaction de l'ADN mâle et de la métamorphose organisationnelle qui lui est associée. Il faut savoir qu'avant cette compaction, dans les cellules germinales comme dans toutes les cellules de l'organisme, le génome est structuré par des protéines particulières, les histones. Lors de la production des spermatozoïdes, la compaction de l'ADN nécessite l'enlèvement et le remplacement des histones par d'autres protéines, spécifiques des cellules germinales, nommées protamines. On savait précédemment que cet échange histone-protamine était précédé par une modification chimique (acétylation) massive et globale des histones. Or, ni la cause ni la conséquence de cette acétylation massive des histones n'étaient connues.



En suivant la piste initiée par la découverte d'une protéine spécifique de la lignée germinale mâle, de fonction inconnue, les chercheurs ont réussi à identifier le mécanisme de déclenchement de cette acétylation massive des histones et à comprendre l'importance de cette acétylation dans l'enlèvement des histones. Ils montrent que ce même mécanisme, naturellement mis en jeu dans le contexte spécifique de la maturation des cellules germinales mâles, peut aussi être activé de manière aberrante suite à un remaniement génétique et expliquer l'apparition et l'agressivité particulière de certains cancers.

La découverte de ce mécanisme permet non seulement de mieux comprendre une étape essentielle de la vie et de la procréation, mais aussi met en lumière la capacité de certains cancers d'activer des mécanismes moléculaires normaux et naturels de manière hors-contexte pour acquérir des propriétés particulières. (Source : Institut pour l'Avancée des Biosciences - Institut des sciences biologiques)

Les cellules du corps peuvent changent de métier

En mettant en lumière la capacité d'adaptation des cellules pancréatiques afin de pallier un manque d'insuline, des chercheurs de l'UNIGE démontrent l'étendue jusqu'ici insoupçonnée de la plasticité cellulaire.



Le pancréas abrite plusieurs types de cellules qui ont pour fonction de produire différentes hormones responsables de la régulation du taux de sucre dans le sang. Il s'agit essentiellement des cellules α, productrices de glucagon, des cellules β, productrices d'insuline, et des cellules δ, productrices de somatostatine, une hormone qui agit comme régulateur local de contrôle de l'activité des cellules α et β. Ces cellules sont agglomérées en petits amas connus sous le nom d'îlots pancréatiques. Le glucagon promeut l'augmentation du sucre sanguin, alors que l'insuline a l'effet contraire. Chez les patients souffrant de diabète, en l'absence de cellules β fonctionnelles, le taux de sucre dans le sang est perpétuellement trop élevé.

A la Faculté de médecine de l'UNIGE, le professeur Pedro Herrera et son équipe avaient, il y a quelques années, démontré l'existence d'une capacité naturelle de régénérescence des cellules productrices d'insuline. Mais ce phénomène ne concerne cependant que 1 à 2% des cellules α et δ. Pourquoi certaines cellules opèrent-elles cette conversion et d'autres pas ? Et surtout, serait-il possible de l'encourager ?

Les scientifiques ont commencé par effectuer des analyses d'expression génique avant et après la disparition des cellules β. Ils ont observé, chez les cellules α, des changements à première vue opposés : l'augmentation du taux d'expression de certains gènes typiques des cellules productrices d'insuline, mais aussi, et en même temps, celle de certains gènes typiques des cellules productrices de glucagon. Le fonctionnement normal des cellules à glucagon est lié à la présence d'insuline : elles possèdent à leur surface des récepteurs ayant pour fonction de la détecter. Par conséquent, ce fonctionnement est perturbé lorsqu'on détruit les cellules β.



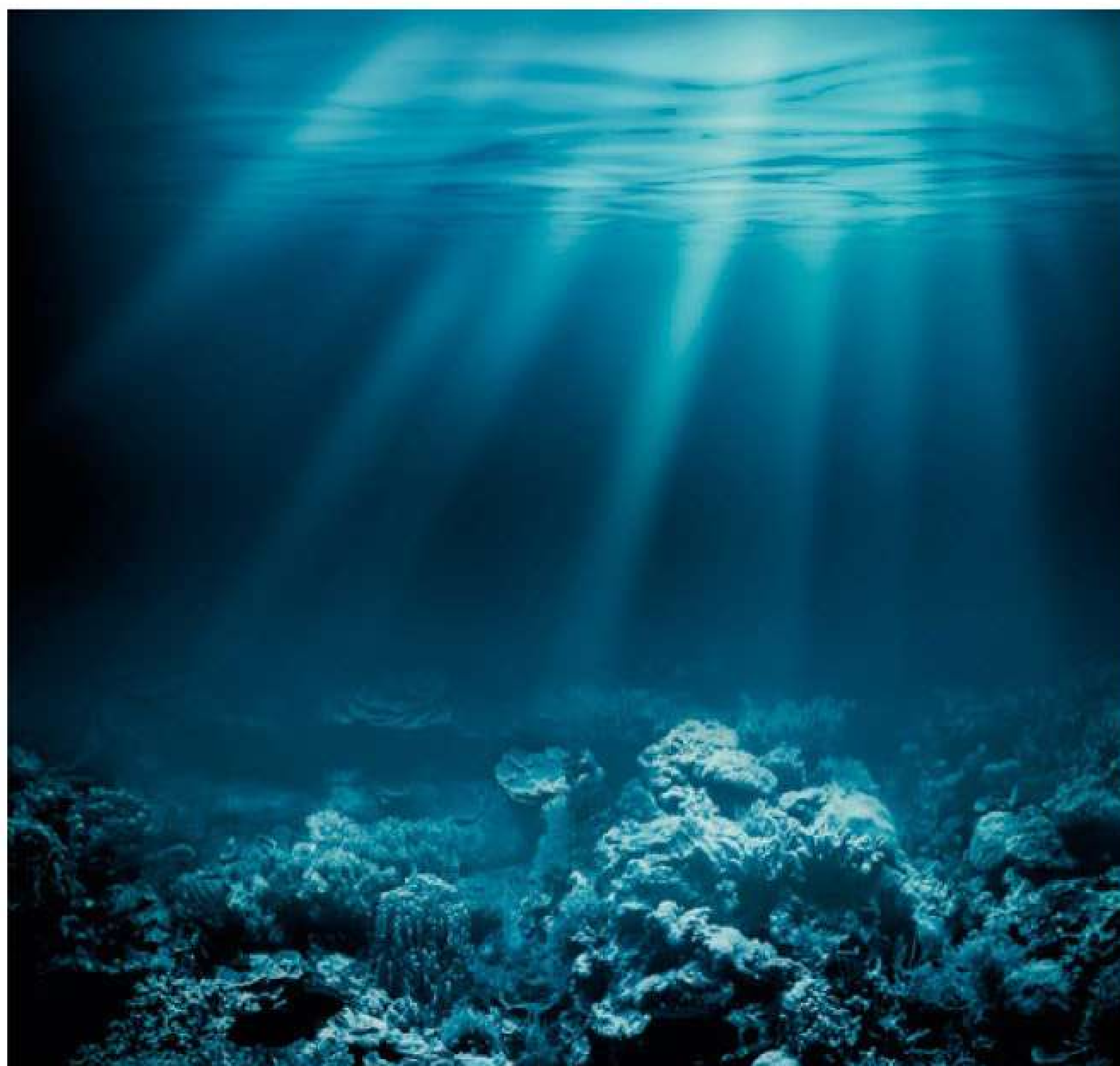
Mais quel est le signal qui induit la conversion cellulaire ? Après étude, ce n'est pas l'hyperglycémie qui entraîne cette réaffectation cellulaire. Cette plasticité n'est pas non plus dépendante de l'environnement cellulaire autour des îlots pancréatiques. Seule explication : la capacité de reprogrammation est intrinsèque à l'îlot pancréatique où se trouvent les cellules.

En bloquant dans les cellules α les récepteurs de surface permettant de détecter la présence d'insuline, une partie de ces cellules α s'est alors mise à produire de l'insuline. Ces cellules deviennent hybrides : elles changent partiellement d'identité, et le phénomène est réversible en fonction des circonstances environnant les cellules.

Si les travaux du professeur Herrera se concentrent sur les cellules du pancréas, le même phénomène pourrait s'appliquer à bon nombre de cellules du corps. Ainsi, l'idée que les cellules une fois différenciées restent stables à jamais se trouve aujourd'hui remise en cause. *« Ce que nous montrons, c'est que l'état de différenciation d'une cellule donnée n'est pas gravé dans le marbre. L'identité des cellules, à tous les stades de la vie, est modulée par leur environnement immédiat, notamment par le biais de signaux inhibiteurs. Le maintien de l'identité cellulaire est donc un processus actif d'inhibition, tout au long de la vie de la cellule, et non un état intrinsèque ou passif de la différenciation. Cette faculté des cellules déjà spécialisées à changer de fonction pourrait se révéler capitale dans bien d'autres pathologies dues à une mort cellulaire massive ou inappropriée, comme par exemple la maladie d'Alzheimer ou l'infarctus du myocarde »*, conclut le professeur Herrera.

Même dans les profondeurs de la mer, il y a des saisons !

Entre 200 et 400 mètres sous la mer, la zone mésopélagique est une zone de pénombre qui s'intercale entre la couche illuminée de surface et l'obscurité totale des grandes profondeurs. Généralement éloigné de la côte, cet habitat semi-profond est d'un accès difficile, de sorte que les organismes qui lui sont inféodés sont très mal connus. Les chercheurs du Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer y ont découvert de nouveaux microorganismes, chacun possédant des cycles d'abondance saisonniers étonnamment similaires à ceux des organismes terrestres.



Le Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer, localisé à proximité des grandes profondeurs de la Méditerranée, offre à ses chercheurs la chance, unique en Europe, de pouvoir accéder aisément à un site d'étude de la zone mésopélagique, situé à quelques minutes de temps en bateau. Depuis maintenant presque une année, un programme hebdomadaire d'échantillonnage à 250 mètres de profondeur a été mis en place pour assurer le premier suivi à haute fréquence des microorganismes mésopélagiques, notamment des brouteurs de flagellés (ciliés tintinnides), des consommateurs de particules détritiques (radiolaires phéodaires), et des dinoflagellés porteurs de symbiontes (dinoflagellés amphisolénides). Pour chacun de ces groupes, de nouvelles espèces inféodées uniquement à la zone mésopélagique ont été découvertes, certaines caractérisées par des cycles saisonniers, c'est-à-dire présentes soit en hiver, soit au printemps.



Dans la couche superficielle de la mer, qui est soumise aux cycles annuels de température, de lumière, et de mélange vertical, la saisonnalité des populations planctoniques est une caractéristique bien connue. Inversement, la mise en évidence d'une saisonnalité des microorganismes vivant dans la zone mésopélagique constitue une surprise en raison des conditions relativement stables qui la caractérisent. Du fait de la constance des conditions de température et d'éclairement dans cette zone, l'explication des cycles des espèces qui lui sont spécifiques est peut-être à rechercher dans la variation saisonnière du mélange vertical. En hiver, les eaux refroidies en surface coulent jusqu'au niveau mésopélagique, voire encore plus bas, transportant en profondeur les organismes de surface qui, de ce fait, envahissent les populations mésopélagiques. Les successions d'apparition et de disparition des espèces mésopélagiques seraient alors une réaction à ces trains d'invasion.

EXPOSITIONS

Microbiote



Inspirée du bestseller "Le Charme discret de l'intestin" de Giulia et Jill Enders, paru en France en 2015, cette exposition décalée et décomplexée a été conçue avec le partenariat scientifique de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique). Elle raconte l'incroyable vie du microbiote, connu aussi sous le nom de "flore intestinale". Un univers microscopique qui joue un rôle fondamental dans l'organisme : on en parle d'ailleurs souvent comme d'un "second cerveau".

Jusqu'au 4 août 2019
Cité des sciences et de l'industrie
30, avenue Corentin Cariou
75019 Paris - Tél : 01 40 05 80 00
www.cite-sciences.fr

Coléoptères, insectes extraordinaires



De la coccinelle au scarabée atlas en passant par le doryphore et la luciole, les coléoptères possèdent des capacités étonnantes. Présents sur la totalité du globe à l'exception des pôles et des mers, ces insectes sont à l'origine de nombreux mythes et croyances. En associant les regards scientifiques et artistiques, cette exposition vous propose de (re)découvrir ces créatures extraordinaires.

Jusqu'au 28 juin 2020
Musée des Confluences - 86, quai Perrache
69002 Lyon - Tél : 04 28 38 12 12
www.museedesconfluences.fr

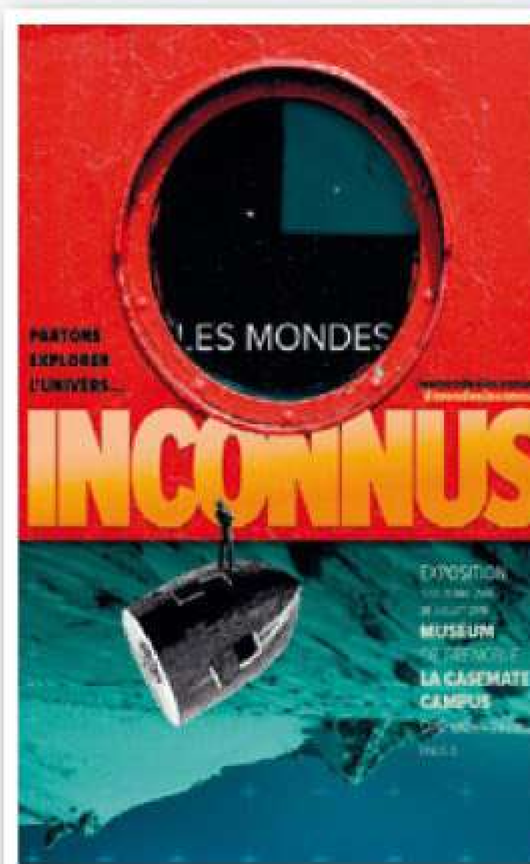
La Terre vue de l'espace



Le Planétarium de Vaulx-en-Velin propose une exposition conçue par l'Agence spatiale européenne, en partenariat notamment avec le CNES, permettant d'admirer les splendides images prises par ses satellites. A travers les plus belles vues de la Terre, découvrez la fabuleuse diversité de ses paysages, mais aussi les nouveaux défis posés par le changement climatique.

Jusqu'au 11 août 2019
Le Planétarium - Place de la Nation
69120 Vaulx-en-Velin - Tél : 04 78 79 50 13
www.planetariumvv.com

Les Mondes Inconnus



La Casemate, le Muséum et l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG) vous invitent à découvrir leur nouvelle coproduction pour tout savoir sur l'Univers et ses mystères. L'exposition débute à la Casemate où vous obtiendrez votre permis pour l'espace et découvrirez la vie à bord d'une station spatiale.

Jusqu'au 28 juillet 2019
www.lacasemate.fr - www.museum-grenoble.fr
www.osug.fr

La course à l'ordinateur



Après la révolution de l'informatique, une seconde révolution se prépare avec l'ordinateur quantique.

quantique



Aller toujours plus vite dans les puissances de calcul, tel est naturellement le but des scientifiques. Depuis plus de trente ans, ils rêvent de l'ordinateur quantique. Si ce dernier n'est pas encore à leur portée, les technologies quantiques avancent à grands pas. Des verrous considérés comme infranchissables finissent par être levés. C'est pourquoi la recherche mondiale est plus active que jamais dans le cadre de ce qui est appelé aujourd'hui « la deuxième révolution quantique ».

En Europe, qui se positionne comme leader dans le développement des technologies quantiques, cette recherche porte en particulier sur la réalisation, la caractérisation et la manipulation de la brique élémentaire de support de l'information, le bit quantique ou qubit. Largement engagé dans ce domaine, le CEA fait le point sur les dernières avancées.

Des calculs accélérés dans des proportions inouïes

Qui dit ordinateur quantique dit possibilité de décupler les puissances de calcul puisque, à l'échelle du qubit (quantum-bit), une particule peut se trouver simultanément dans plusieurs états. Alors qu'un bit d'ordinateur classique n'a qu'une valeur : 0 ou 1.

Au début des années 1980, le Prix Nobel de physique Richard Feynman est le premier à pressentir les possibilités faramineuses d'un ordinateur capable de tirer parti des lois quantiques. Dès les années 1990, plusieurs théoriciens démontrent que certains calculs verraient leur résolution accélérée dans des proportions inouïes s'il était possible de les implémenter sur des bits quantiques plutôt que sur des bits classiques. À condition, bien sûr, de disposer d'un processeur quantique pour les utiliser, processeur dont personne ne sait à l'époque à quoi il pourrait ressembler.

Molécules en phase liquide, ions piégés par des faisceaux laser, impuretés dans les solides… les idées commencent à fuser dans les laboratoires de physique pour définir ce qui pourrait devenir les briques de bases d'un futur ordinateur quantique, à l'instar des transistors de la microélectronique classique.



Un bit d'ordinateur classique n'a qu'une valeur : 0 ou 1.

Au XX^{e} siècle, la mise au jour de la physique quantique a révolutionné notre conception du monde mais aussi notre mode de vie avec ses applications : lasers, transistors, circuits intégrés. Une deuxième révolution quantique advient à l'aube du XXI^{e} siècle. Elle regroupe des recherches visant à concevoir et à réaliser des dispositifs de rupture qui exploitent les phénomènes physiques de la superposition et de l'intrication quantique. C'est un domaine en pleine expansion avec de très forts enjeux scientifiques et technologiques. En particulier, la réalisation d'un ordinateur quantique permettrait des approches révolutionnaires pour certaines classes de problèmes.

Mais la mise au point de ce type d'ordinateur se heurte à d'importants obstacles technologiques. D'ailleurs la communauté scientifique bien informée sur les possibilités des technologies quantiques est encore réduite. Issue pour l'essentiel du monde académique (physique et mathématiques), elle a peu développé les voies applicatives pour le moment. Il est donc possible que de nombreuses applications insoupçonnées jusqu'à présent apparaissent dans un futur proche.

Qu'est-ce qu'un bit quantique (ou qubit) ?

Dans un ordinateur classique, l'information est stockée dans un ensemble (registre) de cases mémoires, les bits, dont la valeur est soit 0, soit 1. Un bit quantique (qubit) a, quant à lui, deux états quantiques |0> et |1>, séparés par une différence d'énergie définissant sa fréquence (fQB), et peut être à la fois dans ces deux états. Au cours d'un algorithme (succession d'opérations dites « portes logiques »), le registre de qubits se trouve dans une superposition quantique de tous ses états possibles (|00…0>, |10…0>, |11…1>, |10…1>), permettant un calcul massivement parallèle.

Petit rappel sur la physique quantique

Les physiciens du début du XX^{e} siècle comprennent que les échanges d'énergie sont quantifiés. Bohr montre que l'atome n'évolue pas comme un système classique capable d'échanger de l'énergie de manière continue, mais qu'il présente plusieurs états « quantiques » ayant chacun une énergie bien définie (comme des paliers définissant un niveau atomique).

Dans le monde macroscopique, le comportement quantique des systèmes physiques passe généralement inaperçu. Il règne en maître sur la matière à l'échelle des particules comme les électrons, les photons et les composants du noyau atomique.

Le calcul parallèle est utile pour de nombreuses applications

Aujourd'hui, des programmes de recherche importants sont menés selon trois grandes voies de l'ingénierie quantique. Ils étudient ce qu'il est possible de réaliser en termes d'application en exploitant les propriétés d'intrication, de non localité et de superposition, propre à un système quantique.

Une transmission ultra-sécurisée de l'information

La cryptographie quantique sert à établir des clés privées à distance, utilisées ensuite dans des protocoles de chiffrement classiques. Elle repose sur l'échange de bits générés aléatoirement, à ceci près que les bits 0 ou 1 deviennent des superpositions d'états (les qubits). C'est une technologie quantique déjà relativement mûre qui donne lieu à des systèmes développés et commercialisés par quelques petites entreprises. Ils permettent la transmission ultra-sécurisée de l'information en réponse à la menace de l'ordinateur et des algorithmes quantiques capables de mettre à mal les techniques de chiffrement classiques.

La communication quantique prendra véritablement son essor lorsqu'on sera parvenu à assembler les briques élémentaires qui permettent de générer, véhiculer, stocker et synchroniser l'information quantique entre sites distants.

La recherche porte tout d'abord sur les capteurs. En effet, une information portée par un qubit est très sensible aux perturbations apportées par son environnement ; c'est une difficulté pour réaliser un ordinateur mais cela peut permettre de construire une sonde très sensible. Autre domaine, les ordinateurs de très grande performance : le calcul quantique est intrinsèquement parallèle et permet de traiter en un temps très réduit de grandes quantités d'information, avec des performances inaccessibles au calcul classique pour certaines applications. Enfin les télécommunications protégées peuvent bénéficier d'améliorations. De fait, les corrélations quantiques entre des particules intriquées permettent de coder un message garantissant l'absence d'interception lors de sa transmission. Le codage à base de clefs publiques trop difficiles à factoriser par les ordinateurs actuels pourrait être cassé par un ordinateur quantique ayant un nombre suffisant de qubits (de l'ordre du nombre de bits de la clef).

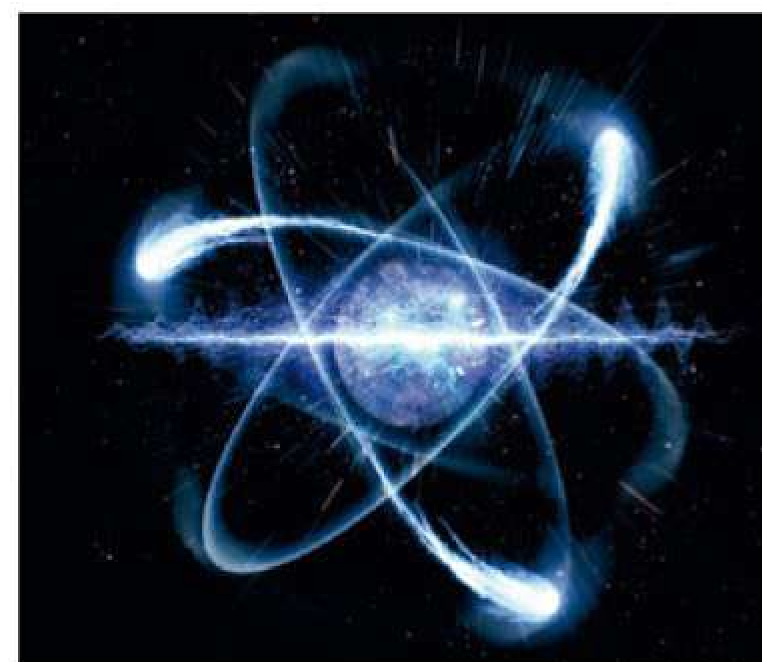
Qu'est-ce que la superposition ?

C'est un principe, énoncé à travers l'exemple du chat vivant et mort de Schrödinger, selon lequel un même système quantique peut être placé dans une superposition d'états correspondant à des valeurs différentes d'une observable (chat mort / chat vivant). Un électron peut être « physiquement » à plusieurs endroits à la fois avec une certaine probabilité : il a X % de probabilité d'être ici et Y % d'être là, etc. En physique classique, l'état d'un système est parfaitement défini et on ne peut pas observer une telle superposition d'états. Les chercheurs veulent utiliser cette propriété de superposition des états pour stocker et traiter des données de façon massivement parallèle, plus rapidement que dans l'électronique classique.

Pour quels types d'applications un système quantique serait-il particulièrement intéressant ? Le calcul massivement parallèle, intrinsèque à l'ordinateur quantique, permet de sonder l'espace des états d'un système comportant de très nombreux paramètres. Cette caractéristique permet déjà d'identifier quatre grands domaines d'application.
En chimie, on pourrait simuler, in silico, de manière exacte, la structure et le fonctionnement de grosses molécules d'intérêt pour la pharmacologie ou pour l'agronomie. Avec les ordinateurs actuels, même les plus puissants, il est possible de simuler des petites molécules mais il est souvent nécessaire de recourir à de fortes approximations dès que la taille du système étudié augmente.
Dans le domaine du Data Mining, l'ordinateur quantique permettrait d'accélérer la recherche d'une information spécifique dans une vaste base de données.

Pour l'industrie 4.0, cela donnerait la possibilité d'optimiser les procédés, soit trouver une solution optimale dans un système complexe multiparamétrique, comme par exemple la tournée la plus rapide d'un camion de livraison, ou ajuster l'offre à la demande sur un réseau électrique très décentralisé.

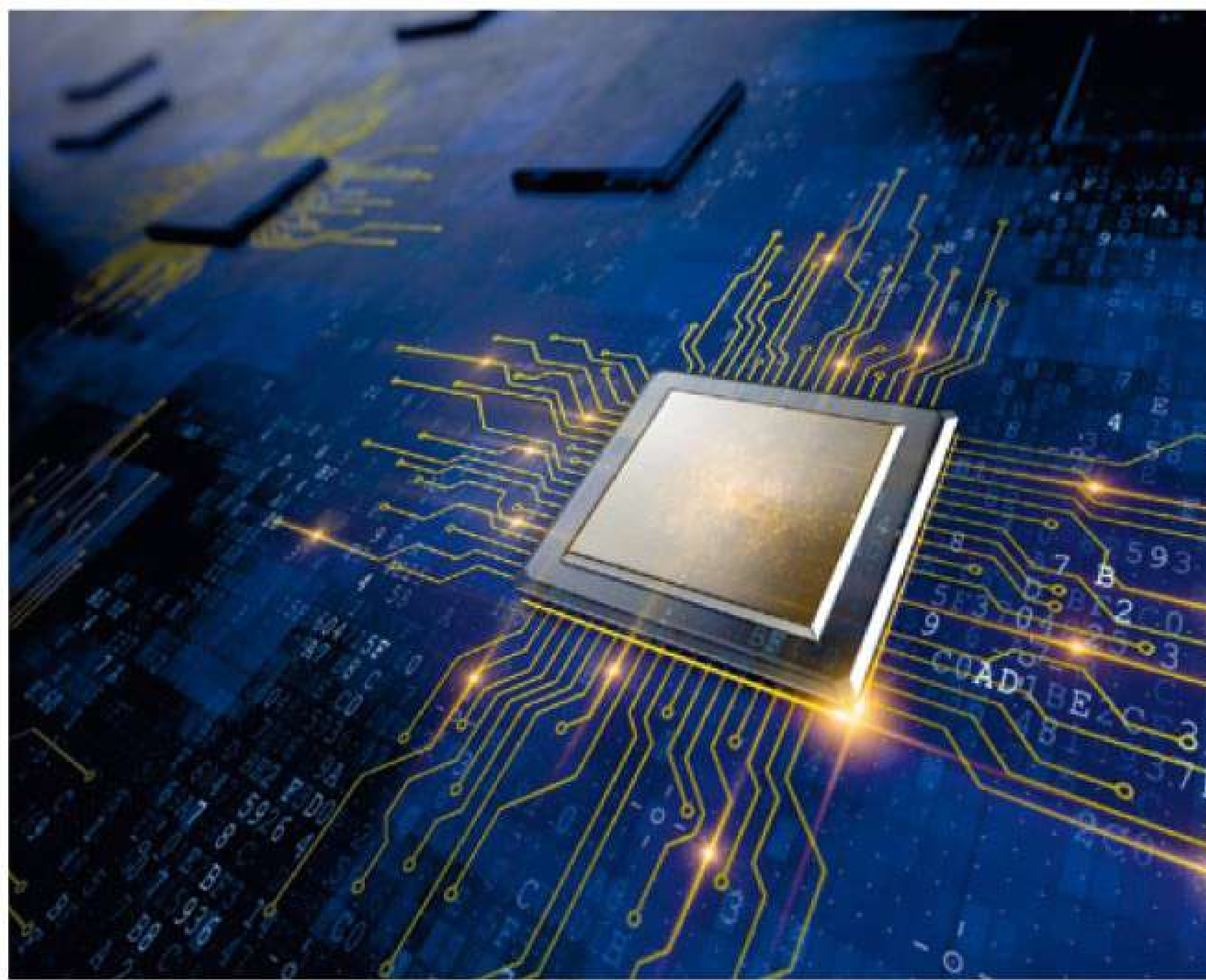
Enfin, au cours de la phase d'apprentissage d'un système d'Intelligence Artificielle, telle qu'une reconnaissance d'images, les informations pourraient être simultanément reconnues, et non de façon séquentielle comme c'est le cas avec des processeurs classiques (examiner une situation, puis une autre, etc.).



La physique quantique règne en maître sur la matière à l'échelle des particules. On peut ainsi retrouver celles-ci sous plusieurs états superposés.

A la moindre perturbation des qubits, tout s'évanouit...

Pour effectuer des calculs très rapides, il s'agit de disposer d'un très grand nombre de qubits. Or, plus leur nombre est grand, plus la superposition des états quantiques est instable. Résultat : tout peut disparaître avant que le calcul ne soit mené à son terme.



La superposition des états de base des qubits représente l'atout majeur offert par les lois de la physique quantique. Un ordinateur exploitant cette possibilité pourrait calculer de façon massivement parallèle, c'est-à-dire simultanément, l'ensemble des valeurs des qubits, et ainsi surpasser considérablement la puissance de l'ordinateur classique.

Ainsi, dans un ordinateur classique, une série de N bits égaux à 0 ou 1 permet d'encoder un unique nombre parmi les 2^N possibles (un parmi 4096 pour N = 12).

En revanche, un registre quantique dont les 12 qubits seraient en parallèle plongés dans les deux états de base |0> ou |1>, se trouverait dans une superposition des 4096 états de base du registre. Toute opération quantique qui lui serait appliquée s'effectuerait en parallèle sur ces 4096 états de base ! Ceci ne réaliserait pas pour autant du calcul parallèle car la lecture ne donnera qu'un seul résultat. L'art de l'algorithmique quantique consiste alors à exploiter le parallélisme tout en concentrant, par chaque étape de mesure, l'état du registre quantique sur la ou les solutions du problème étudié.

Mais si les spécialistes de physique quantique savent observer atomes, photons ou molécules dans des états dits « de superposition quantique », ces états sont extrêmement fragiles : à la moindre perturbation extérieure, ils s'évanouissent. D'où la nécessité d'isoler aussi complètement que possible de leur environnement les systèmes que l'on souhaite mettre durablement dans de tels états.

Les qubits sont les unités de construction des calculateurs quantiques. Ils peuvent être mis en oeuvre dans une large variété de systèmes physiques à l'échelle du laboratoire. La recherche sur les qubits s'est d'abord naturellement portée sur des systèmes au comportement quantique avéré, comme les atomes et les ions, bien que ces systèmes microscopiques soient difficiles à contrôler individuellement et à coupler. Elle s'est également portée ensuite sur des systèmes plus faciles à contrôler, comme des circuits électriques, qui eux ne fonctionnent, en général, pas en régime quantique.

Cependant, lorsqu'on veut produire de grands systèmes ou des qubits en série, il faut utiliser des supports de l'information quantique compatibles avec les standards industriels. Les qubits de spin dans le silicium sont de petite taille (typiquement 30 nm) et sont compatibles avec les technologies CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor : technologie de fabrication de composants électroniques), largement utilisées dans l'industrie microélectronique. Ils présentent donc des avantages évidents pour la production en série par rapport aux autres types de qubits.

Depuis 2012, où ont été mis au point les premiers qubits basés sur des spins d'électrons confinés, le 28Si purifié isotopiquement a permis d'améliorer significativement le temps de cohérence du spin quantique. En effet, l'isotope 28 du silicium ne porte pas de spin nucléaire, source importante de décohérence pour le qubit. Plus le temps de cohérence du spin augmente, plus la fidélité des opérations de calcul quantique et la capacité à effectuer une séquence complète d'opérations s'améliorent.

Qu'appelle-t-on intrication ?

L'état quantique d'un système formé de plusieurs sous-systèmes peut être un état dans lequel chaque sous-système est dans un état quantique défini. Mais, et c'est le cas le plus général, il peut être dans une superposition de tels états et ne plus correspondre à un état quantique bien défini pour chaque sous-système.

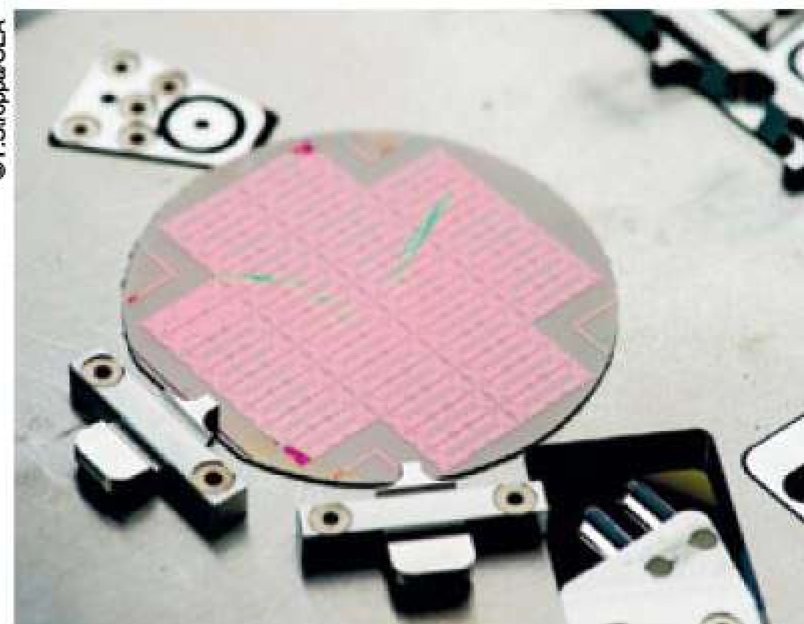
La course s'accélère !

Véritable rupture technologique, l'ordinateur quantique a mobilisé les chercheurs de manière croissante cette dernière décennie. Les enjeux qu'il représente incitent de grandes entreprises à investir d'importants moyens, dans l'espoir de lever les verrous conceptuels et technologiques.

Les grandes firmes s'associent à des communautés scientifiques, ou créent leurs propres laboratoires de recherche. L'association de Google avec I'Université de Californie de Santa Barbara, ou la collaboration annoncée sur dix ans du groupe lntel avec l'université technologique de Delft, illustrent l'engouement pour cette thématique de recherche. Atos-Bull, leader européen du calcul intensif, s'est aussi positionné activement sur la feuille de route de l'ordinateur quantique en réalisant un émulateur d'ordinateur quantique intégrant finement mémoire et calcul dans un serveur classique optimisé, et en créant une équipe spécialisée en logiciel adapté au quantique.

Au niveau européen, un *flagship* (grand projet) sur l'ingénierie quantique a démarré en 2018 avec l'ambition d'amener les technologies quantiques sur le marché. Le financement annoncé est d'au moins un milliard d'euros, apporté par la Commission européenne et les Etats membres sur dix ans.

Un grand nombre de voies de réalisation physique est développé en parallèle, à base d'atomes froids, d'ions ou d'atomes piégés, de centres NV, de photons, de supraconducteurs, de semi-conducteurs… Aucun consensus ni aucun argumentaire robuste n'existent aujourd'hui sur la solution la plus adaptée pour réaliser un ordinateur quantique comprenant plus d'une dizaine de qubits. Tous les systèmes étudiés jusqu'à présent se sont en effet heurtés aux problèmes de décohérence et de complexité rapidement croissante des dispositifs quand le nombre de qubits augmente. En particulier, le problème de la correction d'erreurs est plus qu'ardu car ses difficultés sont d'ordre à la fois conceptuel et technologique, liant degrés de liberté, interactions, complexité, méthode d'adressage, méthode de mesure, décohérence. A ces questions s'ajoute la vaste problématique de l'algorithmique et de son implémentation pratique dans une architecture donnée (traitement des erreurs, langage de programmation…).


© P.Stroppa/CEA

Fabrication de puces à bit quantiques supraconducteurs : lithographie électronique et dispositif de lecture.



© P.Stroppa/CEA

Fabrication de bits quantiques supraconducteurs dans une machine d'évaporation aluminium : mise en place de la galette de saphir servant de support aux circuits.

Conserver la cohérence

Lorsqu'il est placé dans une superposition d'états, un système oscille indéfiniment entre les différents états qui le constituent : on le dit « cohérent ».

Mais toute interaction avec le monde extérieur, par de très fines interactions fluctuantes avec l'environnement ou la mesure des propriétés du système, tend à modifier l'état quantique bien préparé. Ceci déphase de façon aléatoire les fonctions d'onde des états de la superposition initiale, qui est brouillée et perd ainsi sa cohérence : c'est la décohérence. Les chercheurs tendent à identifier des matériaux et des conditions physiques qui permettent à des qubits de conserver leur cohérence le plus longtemps possible.

Des qubits de grande robustesse

Comme nous l'avons dit, l'ordinateur quantique, susceptible de révolutionner le traitement de certains problèmes hors de portée des ordinateurs classiques existants et même à venir, utilise des registres de bits quantiques dont la cohérence quantique doit être maintenue durant le calcul.

En 2002, les chercheurs du groupe Quantronique du Service de physique de l'état condensé (SPEC, CEA-CNRS, Paris-Saclay), dirigé par Daniel Estève, ont réalisé le premier circuit électronique qui pourrait servir de brique de base à un futur processeur quantique.

Sans trop entrer dans les détails techniques, nous dirons que l'expérience a porté sur un bit quantique constitué d'une boucle de métal supraconducteur (aluminium) interrompue par des jonctions tunnel (ou jonctions Josephson). L'état quantique du Quantronium a ainsi été piloté par des séquences d'impulsions radiofréquence, comme peut l'être celui d'un atome par des impulsions laser. Des algorithmes quantiques ont ainsi été implémentés dans des processeurs élémentaires.

Le spin...

... est une propriété quantique d'une particule qui ne présente pas d'équivalent dans la physique classique, contrairement à la position ou l'impulsion. Cette propriété permet de décrire l'interaction de la particule avec les champs magnétiques. Elle est souvent assimilée au moment cinétique de la rotation d'un objet sur lui-même. La spintronique est la science qui consiste à exploiter les propriétés quantiques de spin de l'électron. Elle offre des possibilités d'applications dans la réalisation de capteurs de très grande sensibilité qui ont révolutionné le stockage magnétique de l'information.



© P.Stroppa/CEA

Installation d'une expérience d'électrodynamique quantique dans un réfrigérateur destiné à porter l'expérience à -273°C.

Cette équipe a aussi introduit les systèmes hybrides à base de bits quantiques supraconducteurs et de centres colorés dans le diamant combinant le traitement et le stockage de l'information quantique. Aujourd'hui, les travaux du groupe portent plus particulièrement sur la combinaison de circuits supraconducteurs avec des systèmes quantiques microscopiques, des spins électroniques et nucléaires, dont la cohérence quantique est meilleure.

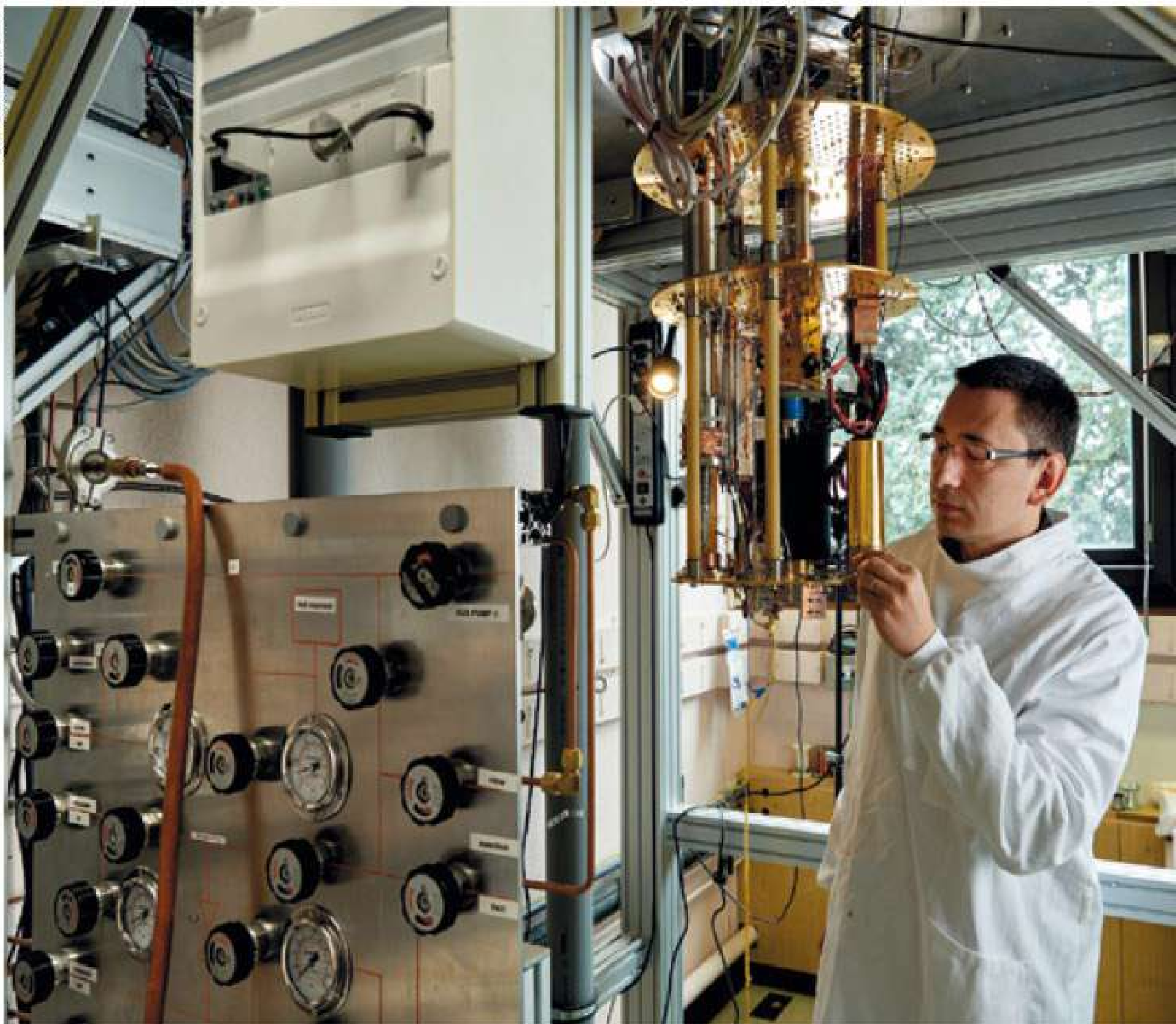
La France mène une recherche de premier plan mondial dans les domaines du flagship quantique, particulièrement au sein du CEA, du CNRS, de l'Inria et sur plusieurs sites universitaires, dont Paris, Paris-Saclay et Grenoble. Le CEA développe des collaborations avec la plupart de ces acteurs. Des partenariats publics privés ont vu le jour. Portée par Daniel Estève, une chaire industrielle Atos-CEA a été lancée en mai dernier. Soutenue par l'ANR, elle est baptisée « Nasniq » (Nouvelle architecture de spins nucléaires pour l'information quantique) et a pour ambition d'explorer cette nouvelle voie pour développer l'ordinateur quantique, soit développer une voie hybride originale vers l'ordinateur quantique en combinant des systèmes microscopiques très quantiques avec des circuits électriques.

Des architectures tolérantes aux fautes

De leur côté, le CEA-Leti et l'Institut Nanosciences et cryogénie (Inac, CEA/UGA) ont franchi une étape importante vers la fabrication à grande échelle de boîtes quantiques (qubits), briques élémentaires des futurs processeurs de calcul quantique...

En mars dernier, le CEA et ses partenaires ont ainsi annoncé la mise au point d'un procédé pour obtenir des galettes de silicium enrichi en silicium 28 qui peuvent servir de support en vue de produire, en série, des milliers de boîtes quantiques. Cette étape permet un procédé utilisant l'isotope silicium 28, compatible avec les chaînes de production industrielles aux normes CMOS. Elle suit la réalisation du premier qubit silicium en technologie industrielle CMOS en 2016.

Les chercheurs ont réussi à obtenir, sur des plaques (ou galettes) de silicium, une fine couche d'isotope 28 du silicium dont le degré de pureté est très élevé et dont la structure cristalline est d'une qualité comparable à celle des films minces généralement fabriqués à partir de silicium naturel. La prochaine étape consistera à réaliser sur de tels substrats des qubits dont la fidélité devrait être nettement supérieure à celle de qubits obtenus précédemment sur silicium naturel.



© D.Guillaudin/CEA

Projet Silicium Quantique - Etude à très basse température des circuits silicium fabriqués au LETI Réfrigérateur continu à He3 forte puissance, conçu dans le laboratoire Pheliqs.

Les équipes du CEA poursuivent aussi des recherches dans d'autres domaines, complémentaires et indispensables à l'émergence des technologies de l'ordinateur quantique et de l'ingénierie quantique : l'électronique cryogénique, la nano-implantation contrôlée d'ions dans les matériaux, des sources de photons micro-ondes intriqués et des briques technologiques permettant d'utiliser des photons et des électrons comme systèmes quantiques, des sources électroluminescentes à molécules organiques uniques, des dispositifs spintroniques en régime quantique.



© D.Guillaudin/CEA

Projet Silicium Quantique - Etude à très basse température des circuits silicium fabriqués au LETI Composants RF utilisés pour les mesures haute fréquence et très basse température.

Une recherche de pointe

Les équipes grenobloises du CEA avaient déjà la maîtrise de la fabrication de qubits dans un procédé utilisant une plateforme silicium sur isolant CMOS 300 mm. Cette année, elles ont démontré qu'un spin électronique dans un transistor peut être manipulé par des signaux électriques. En amont, les physiciens du CEA à Saclay avaient déjà annoncé la mise au point d'un qubit dans un circuit électrique dès 2002, ainsi que celle d'un dispositif de lecture fiable des qubits en 2009.



Vers un leadership franco-australien

Comme nous l'avons dit, la France mène une recherche de pointe dans le domaine. Aussi, en mai dernier, un projet de nouvelle collaboration entre la première entreprise australienne dédiée à l'informatique quantique, Silicon Quantum Computing Pty Ltd (SQC), et le CEA a été annoncé.

Ce partenariat franco-australien est une nouvelle étape concrète dans le développement d'un ordinateur quantique à base de silicium.

SQC est un leader mondial de l'informatique quantique à base de silicium. Exploitant la propriété intellectuelle développée au CQC2T *(Australian Centre of Excellence for Quantum Computation and Communications Technology)*, SQC travaille sur des approches parallèles avec des qubits à un seul atome et des qubits fabriqués à l'aide de la technologie CMOS à base de silicium. SQC détient une expertise de tout premier plan au niveau mondial dans la conception et l'intégration de composants pour puces quantiques basées sur la technologie CMOS à base de silicium. Ce Protocole d'accord porte sur cette approche CMOS à base de silicium.

L'entreprise commune envisagée permettrait à SQC de travailler avec l'expertise du CEA sur les composants CMOS sur silicium, avec pour ambition de former ainsi un leader dans la course mondiale à la fabrication et à l'industrialisation des matériels informatiques quantiques.



Les plus puissants ordinateurs actuels ne peuvent égaler les capacités pharaoniques d'un ordinateur quantique.

Les étapes vers l'ordinateur quantique

1982

Le physicien Richard Feynman a l'intuition de l'ordinateur quantique, fondé sur la possibilité pour un système quantique de se trouver dans une superposition d'un grand nombre d'états en même temps, d'où la possibilité de calculs massivement parallèles.

1999

Des chercheurs japonais de la société NEC, via des technologies développées par le groupe Quantronique du CEA, observent pour la première fois un circuit supraconducteur dans un état de superposition quantique potentiellement utilisable comme qubit.

2002

Le groupe Quantronique du CEA met au point un qubit supraconducteur, le quantronium, dont on peut lire l'état en un coup, et non plus en moyenne, et dont la durée de vie (temps de cohérence) permettrait de s'en servir pour réaliser des opérations logiques.

2004

John Martinis, ancien post-doc au CEA, réalise à l'Université de Californie une porte logique à deux qubits, dite iSWAP, qui transforme un état 01 en une superposition quantique des états 01 et 10.

2012

Le groupe Quantronique du CEA démontre, grâce à un système à deux qubits supraconducteurs, la plus grande efficacité de l'algorithme quantique de Grover pour retrouver un objet parmi N.

2014-2015

Démonstration de codes correcteurs d'erreurs quantiques primitifs dans plusieurs groupes de recherche.

2016

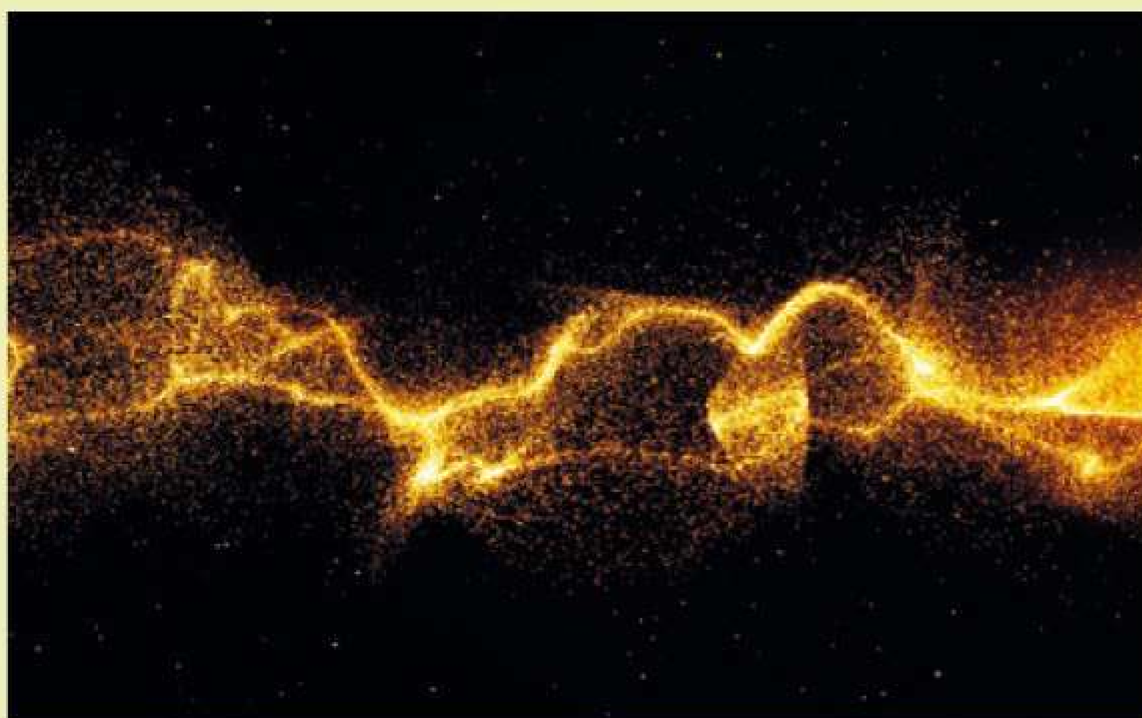
Des chercheurs du CEA démontrent que les très petits transistors obtenus par la technologie silicium sur isolant permettent de réaliser un qubit intégrable ; de quoi mettre l'ordinateur quantique à portée de l'industrie électronique.

2017

Atos-Bull commercialise le simulateur de calcul quantique.

2018

Le CEA et ses partenaires mettent au point un procédé pour obtenir des galettes de silicium enrichi en silicium 28 qui peuvent servir de support en vue de produire, en série, des milliers de boîtes quantiques. Cette étape esquisse un procédé compatible avec les chaînes de production industrielles aux normes CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor : technologie de fabrication de composants électroniques).



Comment maîtriser ces particules dont les états sont si fragiles ?

Nos remerciements au CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) et notamment à Philippe Chomaz, directeur scientifique exécutif au sein de la Direction de la recherche fondamentale, Maud Vinet, en charge du programme avancé sur la technologie microelectronique CMOS, et Daniel Estève, directeur du groupe Quantronique au CEA Paris-Saclay.

Insectes
un monde à part

Environ un million d'espèces d'insectes a été répertorié, mais les scientifiques estiment qu'il pourrait en exister deux fois ou dix fois plus, notamment dans des territoires jusqu'alors peu explorés comme l'Amérique du sud, l'Asie et l'Afrique tropicale. En France aussi, les insectes sont les animaux les plus nombreux : il y a 35 200 espèces dans notre pays !

Du latin *« insectus »*, le mot insecte signifie *« divisé en parties »*. Le corps est en effet bien séparé en trois segments recouverts d'une carapace : ce sont des invertébrés. Tout d'abord la tête munie de deux antennes, le thorax équipé de trois paires de pattes et souvent de deux (ou d'une seule) paire d'ailes, et l'abdomen.

Mais que connaît-on vraiment de ces petites bêtes ? Leur organisation nous fascine, leurs capacités d'adaptation nous laissent dubitatifs, leur sexualité nous étonne... Avec Alain Fraval, de l'OPIE (Office Pour les Insectes et leur Environnement), partons à la découverte de comportements étonnants récemment découverts…



Une sexualité débridée !



Entre les dames entreprenantes, les mâles qui préfèrent les mâles, celles qui se refusent par temps de pluie et ceux qui se constituent un véritable harem... chacun son truc !

Pratique sexuelle originale

Il est un petit ordre d'insectes, traité en une page dans les plus épais manuels, les Zoraptères. Un seul genre, Zorotypus. En très bref : hétérométaboles tropicaux du bois pourri, mycophages, petits, pâles, avec des formes ailées et aptères. Moins de 40 espèces de morphologie très homogène mais de comportements disparates. Insignifiants les Zoraptères ?

On doit à Romano Dallai et à son équipe de l'université de Sienne (Italie) la mise au jour de particularités uniques chez Z. impolitus, tout juste découvert en Malaisie. Le mâle produit des spermatozoïdes de 3 mm de long, qu'il offrira à la femelle, tassés chacun dans un spermatophore minuscule (0,1 mm de long). C'est Madame qui engage les opérations, en avançant vers Monsieur puis en frottant ses antennes sur lui. S'il est excité, il passe derrière elle et entreprend une sorte de danse, avant de se mettre sous elle et de coller des spermatophores sous son abdomen. À Madame de les incorporer.

Ce cas de transfert externe de sperme est unique chez les insectes. Les autres Zoraptères examinés jusque-là copulent. Il s'agirait là d'une forme primitive de comportement sexuel, qu'on connaît bien chez les Collemboles (Arthropodes non insectes) – mais avec un spermatophore posé sur le sol.



Pourquoi ce spermatozoïde long comme un Zorotypus, coûteux sans doute à fabriquer ? Il serait une forme de bouchon anti-polyandrie, dont la femelle inséminée ou le mâle suivant auraient bien du mal à se débarrasser.

Pas de beau temps, pas de sexe

Zooscopie : l'âne brait, le corbeau croasse, l'écrevisse recule, la carpe saute, la grenouille est en haut de son échelle. Le temps est à la pluie.



Entomoscopie : le taon pique, l'abeille rentre, la coccinelle reste sur le doigt, la Chrysomèle du concombre mâle ne fait pas la cour à la femelle, la papillonne de la Leucanie orbicole n'appelle pas de mâle et idem pour madame Puceron vert et rose de la pomme de terre (ovipare). C'est la dépression, pas besoin de baromètre.

Ces trois derniers cas ne doivent rien à la sagesse populaire. La baisse de la pression atmosphérique modifie le comportement sexuel de ces insectes. Les mouvements (dans des olfactomètres, au labo) et les émissions de phéromones précopulatoires sont affaiblis de sorte que copulation il n'y a pas.

Une sage (et donc répandue) précaution, d'après Jeremy N. McNeil et Christopher G. Guglielmo et leurs collègues de l'université de Western Ontario. Entreprendre de produire des descendants sous les intempéries, c'est risquer la mort des parents.



Les raisons de l'homosexualité

Autrefois on disait ces choses en latin, désormais c'est l'anglais qui sert à ça. Donc, c'est sur les comportements que nous appellerons comme tout le monde SSS (same-sex sexual, ou relations sexuelles au sein d'un même sexe), d'un intérêt très peu évident pour le succès reproductif de l'espèce, que nous nous penchons, en suivant le travail de Inon Scharf et Oliver Y. Martin de l'université de Tel Aviv (Israël) : une compilation de 110 cas observés chez des insectes et des arachnides.

Ce sont surtout les mâles qui s'y adonnent, et surtout en captivité, donc dans des conditions particulières de promiscuité et donc de stress. L'acte est dans ces cas plus bref qu'avec une femelle et les mâles passifs ne se laissent pas faire en général. Dans la plupart des cas, il s'agit d'une erreur d'identification. Ce qui arrive facilement quand Monsieur sort tout juste d'une étreinte avec Madame, imprégné jusqu'au bout des soies par la phéromone de rapprochement des sexes qui l'a attiré vers elle et l'a fait la connaître. Dans quelques cas, l'union SSS favoriserait le transfert indirect de sperme ou servirait d'exercice aux jeunes émergés ou encore sèmerait la confusion chez les concurrents.

Les femelles manifestent rarement une attitude SSS ; dans un cas, on a montré que deux femelles l'une sur l'autre pouvaient passer pour une grosse femelle, plus attirante. On a, dans ce domaine particulier de la vie des insectes, pas mal d'anecdotes – et ce depuis longtemps - et fort peu de comportements bien établis et expliqués en terme d'avantage pour l'espèce. On est sûr d'une chose, c'est que le moteur n'est pas le plaisir.

Harem

L'Hyménoptère Ooencyrtus kuvanae est un parasitoïde des œufs du Bombyx disparate d'origine japonaise ; il a été introduit aux États-Unis depuis le Maroc dans les années 1920. Les particularités de sa vie amoureuse attirent désormais l'attention au-delà du cercle des lymantriologues, sous-cercle des lutteurs biologiques.

En effet, face à plein de femelles tout frais émergées et disponibles, les mâles, selon leurs capacités, procèdent de deux façons. Les uns sautent sur une femelle et copulent (et recommencent avec une autre) – c'est banal. Les autres, doués d'une agilité supérieure, font pareil (une fois). Puis ils en rencontrent successivement plusieurs, brièvement, leur donnant rendez-vous pour dans 2 minutes ; les femelles contactées (antenne contre antenne) et marquées (d'une phéromone de chasteté) attendent sagement (repoussant les autres prétendants) leur galant qui ne manquera pas de les visiter, sans en oublier aucune. O. kuvanae se constitue un harem, une pratique excessivement rare chez les invertébrés.

Résultat obtenu au moyen, entre autres, d'enregistrements en cinéma ultrarapide, par une équipe nord-américaine menée par Kelly Ablard (université Simon-Fraser, Colombie britannique, Canada).

La Maison des Insectes

L'OPIE (Office Pour les Insectes et leur Environnement) et ses huit antennes régionales mènent des actions de sensibilisation, d'information, de conseil-formation, d'élevages d'insectes et de protection et de maintien de la diversité des insectes dans leur milieu de vie.

Pour découvrir ces petites bêtes souvent méconnues, le grand public peut bénéficier de sorties découvertes sur le terrain, ateliers pour les enfants, librairie, photothèque, formation professionnelle, vente d'insectes vivants, identification d'insectes (pas pour les manger !), etc...

Des ouvrages et la revue trimestrielle *« Insectes »* sont publiés par l'OPIE qui est considéré comme l'organisme expert en matière de protection des insectes par le Ministère de l'Environnement, l'UICN, le Conseil de l'Europe et le WWF.



OPIE - La Maison des Insectes - Chemin rural n°7
Domaine de la Minière - 78280 Guyancourt
Adresse postale : BP 30 - 78041 Guyancourt cedex
Tél : 01 30 44 13 43 - www.insectes.org

D'étonnantes capacités pour

On ne cesse de s'émerveiller notamment devant les aptitudes des abeilles et des fourmis. Ces quelques découvertes récentes nous en livrent un peu plus sur les compétences des plus doués des insectes…

L'Abeille est droitière

Apis mellifera carnica (Hyménoptère Apidé), insecte de très peu de neurones (900 000), est droitier des antennes. Comme l'apidologue et ses dizaines de milliards de neurones, il est latéralisé. Ceci très certainement en relation avec la riche vie sociale que mènent l'un et l'autre. L'équipe-auteur (australo-italo-autrichienne) a publié ce travail dans Scientific Reports en juin dernier.

Leur manip a essentiellement consisté à observer les interactions sociales de deux ouvrières fraîchement capturées à leur envol de la même ruche ou pas, enfermées chacune dans une boîte de Petri retournée et percée d'un trou sur le côté. Dès que les deux orifices sont mis en coïncidence, la rencontre a lieu, qui est soit *« amicale »*, on tire la langue, soit *« hostile »*, on fait le gros dos, mandibules et aiguillon en avant. Les abeilles ont été préparées : antenne droite coupée ras à la base du scape ou antenne gauche idem.

La prise de contact de deux ouvrières avec une antenne droite se fait plus rapidement et est plus souvent du type amical que dans le cas de deux amputées de celle-ci. La réaction négative est alors plus souvent observée, même si ce sont des consœurs.

L'antenne droite apparaît spécialisée dans la reconnaissance des odeurs, celles de la nourriture mais aussi celle de la colonie, et l'agressivité montrée par les individus disposant uniquement de la gauche serait due à l'incapacité d'identifier olfactivement une consœur.

Peut-être cette asymétrie joue-t-elle un rôle également dans la communication dansée. Un sujet à creuser…



Le trajet optique de la Fourmi électrique

D'après le principe de Fermat qui fonde l'optique géométrique, la lumière se propage d'un point à un autre sur des trajectoires telles que la durée du parcours soit localement minimale.

Les fourmis aussi… qui ont à parcourir successivement des zones où elles marchent plus ou moins vite : au bout d'un certain temps, leurs pistes – marquées par une phéromone – suivent le trajet, fait d'une ligne brisée, qu'on pourrait calculer pour



un rayon lumineux traversant des milieux plus ou moins réfringents. C'est le plus rapide, mais pas le plus court possible.

On doit ce résultat à une équipe dirigée par Jan Öttler, travaillant en Israël, selon le protocole suivant. Quelques milliers d'individus (avec leurs reines) de la Fourmi électrique Wasmannia auropunctata sont lâchées dans un coin d'un enclos. Au bout d'un jour – durant lequel les fourmis explorent l'arène - des blattes sont disposées dans le coin opposé, ad libitum. Chaque moitié de l'enclos est tapissée de feutre rêche, de feutre soyeux ou de plastique lisse (sur les quelles les ouvrières avancent plus vite). Chaque essai, avec 3 colonies simultanément, dure une semaine. Les fourmis sont filmées, certaines sont suivies individuellement. Un cas nouveau d'optimisation décentralisée.

Champion de saut

Les criquets pygmées sont des Orthoptères détritiphages et algophages de petite taille (1 cm, rarement plus) avec des fémurs des pattes III très musclés. Ce sont des champions de saut. Ils savent aussi creuser (dans le sable humide des berges), se servant pour cela des épines qu'ils portent à l'extrémité distale de leurs tibias postérieurs. Lesquels tibias sont aussi munis de palettes natatoires. Le tarse postérieur est vestigial (ou atrophié).

Xya capensis vit en Afrique du Sud. Il marche sur les 4 pattes avant, relevant ses énormes pattes arrière – munies de 7 palettes et de 2 épines mobiles en forme de rame qui peuvent s'ouvrir à 180°. Il fait

de si petites bêtes





des bonds considérables, propulsé par deux ou une seule de ces pattes, de quoi déjouer l'attaque d'un prédateur, larve ou imago de cicindèle (coléoptère carnivore). Une équipe anglo-sud-africaine, conduite par Malcolm Burrows (université de Cambridge) a mesuré ses performances : vitesse de décollage de 5,4 m/s, hauteur et longueur du saut de 70 et 142 cm respectivement pour une accélération de 306 g. Applaudissons !

Mais il fait mieux encore : il jaillit hors de l'eau. Des enregistrements vidéo à très grande fréquence de prise de vue montrent le déroulement de cette émergence : enfoncé dans l'eau mais la tête en dehors, l'insecte rue brusquement et surtout vigoureusement, ses palettes et épines métatibiales déployées de façon à enfoncer une masse d'eau, sur laquelle il s'appuie pour s'élever, épines et palettes repliées, à la vitesse de 2 m/s. Un petit bond : 3 cm de longueur, 10 cm de hauteur. C'est sans doute suffisant pour échapper (le plus souvent) aux prédateurs aquatiques. Les articulations des « rames » sont évidemment en résiline (protéine très élastique). X. capensis exploite la viscosité de l'eau, à l'instar des copépodes (très petits crustacés).

Attirants insectes

On sait que les insectes, en volant, se chargent électrostatiquement. Les bourdons s'en servent pour détecter les fleurs déjà visitées et les abeilles pourraient ainsi communiquer entre elles. Le phénomène pourrait être fatal dans d'autres circonstances : en effet, les charges positives de l'insecte attirent la toile d'araignée.

Victor Ortega-Jimenez, biologiste à l'université de Caroline du Nord (États-Unis), dans le but de montrer à sa fille ce qu'est l'électricité statique, se procure une *« baguette magique »*, jouet qui permet de faire *« léviter »* des objets légers. Parmi les objets essayés, des insectes et une toile d'araignée : la baguette attire la toile.

La suite se passe dans son labo, avec son collègue Robert Dudley. Avec la même baguette magique, ils chargent positivement des insectes morts (mais frais) – abeilles, mouches vertes, pucerons, drosophiles – ainsi que des gouttes d'eau, et les font tomber (de 25 à 35 cm) devant une toile d'Épeire diadème tendue sur un cadre. Ceci devant l'œil d'une caméra.

Effectivement, les fils radiaux et spiraux se déforment et la toile se rapproche de l'insecte qui tombe et le capture.
Dans le cas des gouttes d'eau, la toile subit des accrocs que l'araignée doit réparer… Nos électro-entomologistes cherchent désormais à préciser si le phénomène joue un rôle dans la nature.

Le scarabée et la Galaxie



Nuit claire, sans lune. Une bouse. Des piluliers (scarabées bousiers). Qui s'éloignent en poussant leur boule en ligne droite en général. Comment s'orientent-ils ?

On les savait capables de se repérer par rapport au soleil, à la lune et au plan de polarisation de la lumière. Après un stage au planétarium organisé une équipe d'entomologistes sud-africains, le scarabée Scarabaeus satyrus se révèle capable d'utiliser un repère aussi grand que durable : la Voie Lactée. En n'en ayant certes qu'une vision globale...

Il s'agit là du premier cas prouvé dans le règne animal.

Le thécla berne la saltique

Les théclas sont des papillons en général mimétiques de feuilles mortes. À l'extrémité anale de leur aile postérieure, dressée au repos et dont on voit la face inférieure, un ocelle et une queue font penser à une tête (de thécla) ; un léger mouvement, particulier à ce groupe, renforce d'ailleurs l'impression.

Une tête, c'est ce que pense aussi l'araignée Phidippus pulcherrimus (ou saltique), qui patrouille sur la litière, là où se repose un thécla, Calycopis cecrops. Alerté par ses 4 paires d'yeux et se fiant à son programme neuronal de reconnaissance automatique d'une tête de papillon, l'araignée saute à



la tête du thécla, 10 fois plus grand qu'elle, pour lui neutraliser avant tout le cerveau de son venin. Mais c'est le bout de l'aile, la fausse tête, qui prend.

L'observation vient d'être faite par Andrei Sourakov (université de Floride, États-Unis) lors d'attaques de saltiques contre C. cecrops et contre d'autres papillons de même taille d'autres familles. Le premier s'en est toujours tiré, les seconds sont tous morts, d'une attaque très précise à la tête.

Jusque là, on a interprété les dessins particuliers des ailes des papillons comme des leurres destinés aux gros prédateurs comme les oiseaux ; il est bien probable que les araignées sauteuses aient eu un rôle important dans l'évolution de certains Lépidoptères.

Objectif petit angle

À chaque bifurcation (dyssimétrique), dans un réseau de transport, le bon angle est celui qui optimise le trajet, c'est-à-dire le rend plus efficace (rapide, économe…). Les fourmis fourrageuses sont organisées en réseau de transport (de ressources alimentaires pour la colonie) efficace *« matérialisé »* par des pistes de phéromone de trace. Arrivées à une fourche du chemin, elles empruntent la branche qui fait l'angle le plus petit avec la direction qu'elles suivaient – et elles arrivent ainsi (statistiquement) plus vite au but. Elles ne disposent ni de rapporteur ni d'alidade : quelles ressources *« intellectuelles »* doivent-elles mobiliser ?

Aucune, selon les travaux entomorobotiques d'une équipe toulousaine de myrmécologues. Leur façon de faire est le simple résultat de l'interaction entre la géométrie du réseau et le comportement normal, simple, des individus. À preuve, des petits robots mobiles lancés sur une piste lumineuse avec des bifurcations dyssimétriques, munis d'instructions simples, font de même. Ces pseudofourmis sont programmées pour s'arrêter sur le trait lumineux, le suivre, éviter les obstacles et se mouvoir au hasard de façon coordonnée ; elles ne disposent d'aucun moyen de mesurer l'orientation de la piste. Elles font même mieux que les vraies fourmis pour trouver le chemin le plus court entre deux places.

De quoi donner à réfléchir à qui dessine les réseaux de transport humains et doit placer les nœuds (embranchements).

Les charges s'accumulent…

Les insectes, très isolants grâce à la cire recouvrant leur cuticule, accumulent des charges électriques

Fourmis aussi douées que les éléphants

Certains croient les animaux capables, grâce à un 6e sens, de prévoir les tremblements de terre. Du temps de Mao, des centaines de milliers de Chinois ont reçu une formation pour interpréter, comme signes avant-coureurs des séismes, le comportement des animaux, notamment. En 1976, à Tangshan, ils n'ont rien vu venir et il y eut 600 000 morts. Restent Sadie, un perroquet états-unien de l'Indiana (2008) – accompagné dans sa perspicacité par de nombreux animaux domestiques - et les éléphants sri-lankais qui ont tous survécu au tsunami de 2004.



Et pourquoi pas les fourmis rousses des bois ? Une équipe allemande est partie du fait que ces insectes sont particulièrement sensibles à des modifications minimes de la température, de la concentration de l'air en gaz carbonique et du champ magnétique. Elle a mis en place un système d'observation continue de 2 dômes de ces fourmis sur 2 sites distants de 30 km du massif de l'Eifel – une zone sismiquement active avec des failles -, avec enregistrements vidéo et des paramètres physiques de l'environnement (de la température à la teneur en gaz rares).

Il ressort de 3 ans de suivi – avec l'analyse de 45 000 heures d'observation - que le rythme quotidien d'activité des fourmis est perturbé quelques heures avant une secousse de magnitude supérieure à 2 – elles restent dehors même la nuit - et que leur train-train ne reprend qu'au bout d'un jour.

Pourtant, la corrélation entre événement sismique et modification des habitudes des fourmis n'est pas statistiquement solide. On est encore loin d'un système d'alerte automatisé basé sur la vidéosurveillance de dômes en forêts…

positives en volant. Ils se déchargent (lentement) de cette électricité statique en se posant. On suppose que, chez les pollinisateurs, ceci contribue à *« coller »* les grains de pollen sur le tégument. Selon une récente étude, les bourdons pourraient reconnaître à leur charge électrique les fleurs déjà visitées.

Randolf Menzel et son équipe, à l'Université libre de Berlin (Allemagne), ont étudié l'influence des champs électriques sur les abeilles, celles-ci étant placées dans de petites cages de Faraday, isolées des champs extérieurs. À l'approche d'une baguette électrisée, l'antenne de l'abeille se courbe et les neurones de l'organe de Johnson situé sur cette antenne sont excités. Par ailleurs, les abeilles peuvent être dressées (à coup de récompenses) à réagir à des champs électriques particuliers.

Pour les chercheurs, leurs résultats indiquent que les abeilles doivent se servir de ces courants pour communiquer entre elles. Serait-ce là l'explication définitive du mode de transmission de l'information sur la source de nectar délivrée à ses consœurs par la butineuse qui danse en huit dans l'obscurité de la ruche ?

Elle se fait passer pour la Reine !

Dans le monde sensible des fourmis, il n'y a pas que des signaux chimiques (phéromones de piste, de marquage…) : des messages sonores concourent à la vie sociale. La reine stridule à ses ouvrières, pour marquer sa position sociale éminente et son besoin d'une protection particulière ; les ouvrières stridulent lors d'échanges trophallactiques (distribution de nourriture par régurgitation) ou en cas de détresse : attaquées ou coincées, elles appellent à l'aide leurs congénères.

Le son est produit par les mouvements relatif du gastre et du postpétiole, portant des structures du tégument servant de grattoir et de râpe. Une très bonne imitation est produite par la chenille du Protée, alias Azuré des mouillères, qui vit aux crochets (en cleptoparasite) de fourmis du genre Myrmica. Elle est chimiquement déguisée et dispense un délectable nectar. On sait maintenant qu'elle se fait passer en plus pour la reine, le message qu'elle stridule est le message royal, ce qui lui assure sans doute le respect et le dévouement de ses nourrices et surtout d'être secourue en priorité en cas de panique… à l'instar des nymphes.



Lesdites nymphes passaient pour muettes, bien que possédant les organes cuticulaires ad hoc. Karsten Schönrogge et son équipe (Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, Royaume-Uni) a approché un microphone ultra-sensible de larves, de nymphes jeunes et de larves avancées dans ce stade de Myrmica scabrinodis. Ces dernières stridulent. Leur message, enregistré, fait accourir des ouvrières à leur rescousse. Des nymphes âgées rendues muettes ont été posées dans un nid artificiel où une panique a été déclenchée : elles ont été ignorées des secours.

Chez la tordeuse

Le chez-soi de la chenille de la tordeuse sud-américaine Anaena est une sorte de cigare, fait d'une feuille partiellement enroulée, attachée avec un fil de soie. Chaque chenille l'occupe une semaine. Après quoi l'abri, qui tient le coup jusqu'à 1 an, sert à d'autres…

Camila Vieira et Gustavo Romero, à l'université de Campinas à São Paulo (Brésil), ont examiné la faune des arthropodes présents dans ces cigares en saison sèche et en saison humide, sur l'arbre Croton floribundus (Euphorbiacée). En effectif, richesse spécifique et biomasse, cette faune est jusqu'à 20 fois celle des feuilles intactes, en saison sèche. Les cigares naturels valent ceux roulés par les entomologistes et leur forme (cylindre, entonnoir…) n'importe pas. On y trouve en tout 433 espèces : des araignées, des Coléoptères, des grillons et de très nombreuses chenilles d'espèces très diverses, dont des Anaena qui se dispensent ainsi de rouler leur propre abri.

Ces tordeuses sont, dans la forêt tropicale humide, des ingénieurs de l'écosystème d'une importance insoupçonnée.

NDLR 1 : sont dites ingénieurs de l'écosystème des espèces qui, directement ou non, modulent la disponibilité des ressources pour les autres espèces, en provoquant des changement physiques dans les matériaux biotiques ou abiotiques.
NDLR 2 : le papillon d'Anaena mime les feuilles (non roulées).

Des dents entre les cuisses

En regardant de près entre les coxas (hauts des pattes) postérieures de larves d'une banale cicadelle, Malcolm Burrows et Gregory Sutton (université de Cambridge, Royaume-Uni) on découvert un mécanisme d'engrenage, pas banal du tout.

La Cigale bossue bondit jusqu'à un mètre devant elle. Pour sauter droit, il faut que les pattes arrière se détendent également et dans le même temps. Sans doute en plus du dispositif nerveux banal, cette cicadelle a les coxas bordées de sortes de secteurs de roues dentées (dont les dents font 20 microns) qui s'engrènent parfaitement l'une dans l'autre.

Au cas où la mécanique serait endommagée, elle serait réparée à la prochaine mue. Les imagos (les adultes) en sont dépourvus.



Onction formique

Les fourmilières sont menacées par des maladies fongiques et les ouvrières luttent. Elles se toilettent mutuellement pour se débarrasser des spores collées et lèchent leur couvain dans ce but, ou pulvérisent un fongicide.

Une modalité particulière de traitement chimique vient d'être mise en lumière par Sylvia Cremer (IST, Autriche). La Fourmi noire des jardins Lasius niger a déjà la particularité de garder en bouche les spores qu'elle picore sur ses larves et de les recracher ensuite amalgamées en boulettes.
En fait sa collecte n'est pas exhaustive, car elle a une arme complémentaire : elle oint en effet le tégument desdites larves d'un fongicide qu'elle bave. Elle a préalablement rempli son applicateur au bout de son abdomen au niveau de son cloaque où débouchent le proctodéum, la glande de Dufour (phéromone de piste) et la glande à venin. C'est ce dernier, riche en acide formique, qui sert d'antifongique.

La méthode est sans doute avantageuse en termes de précision d'application et de désinfection de la bouche ; pourtant certaines ouvrières pulvérisent directement le produit.

NDLR : l'usage de pesticides en application externe est connu chez plusieurs Hyménoptères eusociaux ou solitaires. Un cas particulièrement curieux – et de découverte toute récente - est celui du Chlorion Ampulex compressa : la larve, qui se développe dans une blatte vivante *« zombifiée »*, enduit l'intérieur de son hôte d'une sécrétion orale antibiotique. Car les blattes, c'est plein de microbes !

Frelon vigneron



Pour le bioéthanol de nos voitures, mais aussi (et surtout) pour le pain et le vin quotidiens, merci la levure de bière. Pour le vin, merci aussi le Frelon, merci les autres guêpes sociales, merci aussi la drosophile et les abeilles, mais vraiment dans une moindre mesure.

Le vin est le produit, en gros, de la fermentation alcoolique du moût de raisin, due à Saccharomyces cerevisiae, levure présente naturellement sur la peau des raisins mûrs mais pas sur les jeunes baies. Ce n'est pas le vent qui l'apporte, il faut un vecteur qui circule dans la vigne et s'intéresse aux raisins. Il faut aussi un réservoir qui conserve la levure en dehors de l'automne, quand les fruits sucrés ont disparu. Les oiseaux (migrateurs) qui becquettent les grains, les drosos (parmi d'autres mouches) qui viennent s'alimenter et pondre dans les fruits abimés ? Les premiers ne la conservent que quelques heures, les secondes vivent 3 semaines seulement… Les guêpes sociales sont de très bonnes candidates : elles attaquent les grains à l'automne, nourrissent leurs larves par trophallaxie (régurgitation de mourriture pré-digérée), et peuvent leur transmettre la levure, puis hivernent sous forme de reine.

Le travail d'une vaste équipe de l'université de Florence (Italie) et de l'INRA de Montpellier a montré leur rôle sans doute majeur. Des individus de Frelons d'Europe ont été disséqués : leur tube digestif héberge S. cerevisiae tout au long de leur cycle. Le passage de levures de la reine fondatrice de la nouvelle colonie au printemps à sa progéniture a été démontré sur des Polistes (guêpes sociales) par marquage fluorescent. L'analyse génétique des souches de S. cerevisiae des insectes et des aliments fermentés dans une région donnée confirme que les frelons et autres guêpes sont l'élément clé de leur maintien au travers des années. Les mouches et les abeilles les relaient au sein de la vigne, disséminant les levures sur les baies mûres. *(Source : Etude parue dans PNAS en 2012 et article « Guêpes vigneronnes » de Pascale Mollier de l'INRA).*

Les antennes toujours propres

Pourquoi exactement ? Trois exemples : la Mouche domestique se passe les pattes avant par dessus la tête et frotte ses antennes, tout écolier a pu l'observer ; la fourmi charpentière brosse l'antenne du même côté avec sa brosse spéciale, attachée au tarse avant, qu'elle se fourre ensuite dans la bouche pour la nettoyer ; la blatte attrape l'antenne opposée avec la patte avant, la plie et l'amène à la bouche où elle est récurée de bas en haut. Tous ces gestes sont répétés scrupuleusement, même dans un environnement propre.

Pour savoir exactement à quoi sert ce toilettage, une équipe de l'université de Caroline du Nord (États-Unis) a procédé à une série d'expériences, principalement sur la Blatte américaine, l'empêchant de débarbouiller 1 ou 2 antennes. Les substances présentes sur l'antenne ont été analysées, les performances des sensilles chimioréceptrices mesurées.

Il en ressort que si les antennes ne sont pas nettoyées comme il faut, la cire épicuticulaire (à base d'hydrocarbures),



qu'elle sécrète à l'instar de tout le tégument mais en abondance particulière, s'accumule et perturbe l'olfaction.

Cette cire, indispensable à l'imperméabilisation de l'insecte, porte des signaux de reconnaissance intraspécifiques ; elle module aussi la rétention des composés chimiques indispensables – les phéromones, les odeurs de nourriture – et accumule les substances nocives.



Cannibales en bouteille

Les asticots de la Mouche du vinaigre sont connus pour vivre pacifiquement de levures dans des fruits fermentés ou dans des bouteilles (au labo) – et respectés comme outils de recherche.

Phénomène répandu chez les insectes et redouté des éleveurs, la prédation intraspécifique n'avait jamais été signalée chez la droso, animal pourtant très familier dans les labos d'entomologie depuis plus d'un siècle. Leur cannibalisme s'est manifesté sous l'œil des caméras de l'équipe de Roshan Vijendravarma (université de Lausanne, Suisse) étudiant la malnutrition chez ces mouches.

Un individu (larve de 1^er^ ou 2^e^ stade) rattrape un autre (de 3^e^ stade, bien plus gros mais vulnérable car il se prépare à s'empuper) sur la paroi de la bouteille, l'assaille et gratte sa cuticule avec ses crochets buccaux en guise de dents jusqu'à ce qu'elle se perce et qu'il puisse s'y introduire et en consommer le contenu.

La scène attire (chimiquement) les jeunes voisins qui se joignent au festin. Les penchants cannibales des asticots sont de plus en plus affirmés au fil des générations d'affamés (118 ont été suivies), et leurs crochets buccaux comportent 20% de petites dents en plus. Un asticot nourri exclusivement d'asticots se développe lentement mais évolue en un imago viable.



Petit rappel



Plus d'un million d'espèces d'insectes est répertorié de par le monde. Leur classification s'effectue en fonction des caractéristiques de leurs ailes (*« ptère »* signifie « aile » en grec) :

- les Coléoptères (ailes en étui : scarabées, coccinelles, charançons...)

- les Orthoptères (première paire d'ailes très droite : sauterelles, criquets...)

- les Lépidoptères (ailes recouvertes d'écailles : papillons)

- les Hémiptères (demi-élytre : punaises, cigales...)

- les Diptères (deux ailes : mouches, moustiques...)

- les Hyménoptères (ailes membraneuses : fourmis, abeilles...)

- et l'on a aussi les Odonates (mâchoires à dents : libellules...), etc...

Les Coléoptères sont les plus nombreux avec 350 000 espèces !

Les insectes s'entraident,

Entraide entre insectes, ou entre plantes et insectes, la démarche n'est bien sûr pas désintéressée : il y va de la survie de chacun !



Faut pas exagérer !

Le mutualisme est une association à bénéfices réciproques entre deux espèces. Il se serait établi, au long de l'évolution, à partir de relations moins sympathiques : il y a eu un prédateur et une proie, ou un parasite et un hôte. Il peut se faire que l'un des deux partenaires dans une relation de mutualisme se comporte de façon à tirer un bénéfice supérieur. Dans ce cas, il peut y avoir une réaction de la part de l'autre, qui punit le premier de sa « prétention » à devenir parasite.

C'est ce qui se passe dans la forêt guyanaise, entre la fourmi Allomerus decemarticulatus et la plante myrmécophyte de sous-bois Hirtella physophora. La fourmi défend la plante contre ses insectes ravageurs ; la plante offre à la fourmi des abris foliaires (domaties), entre lesquels elle tend ses pièges.

Plus il y a de feuilles, plus il y a d'abris, plus l'arbrisseau peut héberger de fourmis piégeuses. Mais celui-ci produit des fleurs, au détriment de l'expansion du feuillage. Les fourmis se mettent donc, dans certains cas, à éliminer les boutons floraux.

Mais il ne faut pas exagérer, si trop de boutons sont coupés, Hirtella se met à fabriquer des poches foliaires plus petites, tellement exigües qu'elles sont inutilisables par les fourmis.
(Ces travaux, publiés dans Evolutionary Biology, impliquent une équipe associant des chercheurs du CNRS, de l'université Toulouse III-Paul-Sabatier et de l'IRD).

Vie intérieure

La Cochenille farineuse des citrus se nourrit de sève élaborée, un aliment déséquilibré et gravement carencé en acides aminés essentiels. Pour les produire, elle a recours à des endosymbiontes, soit des organismes présents à l'intérieur de ses cellules. Ceux-ci, des bactéries spécialisées, sont inclus dans le cytoplasme des cellules d'un organe appelé bactériome, logé dans l'abdomen.

John McCutcheon et ses collaborateurs (université du Montana, États-Unis) ont étudié en détail le fonctionnement général.
Chez cette cochenille, la bactérie hôte est Tremblaya princeps, qui ne vit que là et a évolué en même temps que l'insecte à partir d'un unique ancêtre. Celle-ci inclut une autre bactérie, endosymbionte secondaire, Moranella endobia, n'ayant pas d'ancêtre commun et *« adoptée »* plusieurs fois.

T. princeps se distingue en outre par la taille de son génome : 139 000 paires de bases, 121 gènes, soit le plus petit connu chez une bactérie. Cela lui suffit d'une part en tant qu'endosymbionte, donc à la vie très étriquée, et d'autre part du fait qu'il a sous-traité une partie de son rôle nutritif (la production d'assez de thréonine et de triptophane pour la cochenille) à M. endobia, qui a 4 fois plus de gènes que son hôte.

Ce système n'est pas suffisant : la cochenille et ses symbiontes collaborent à l'élaboration d'autres acides aminés indispensables.
Pour *« muscler »* son équipement digestif, la Cochenille farineuse a par ailleurs emprunté – et incorporé dans son génome – 22 gènes issus de diverses espèces de bactéries et non de T. princeps. Cette symbiose s'est installée selon un mécanisme différent de celui qui a conduit à la formation des deux endosymbiontes.

La digestion du Gendarme

Le recours à des symbiontes (organismes hébergés dans un hôte) pour digérer des choses difficiles (carencées, notamment) est bien connu chez les Hémiptères opophages (qui se nourrissent de sève) comme les cicadelles ou les pucerons et restait hypothétique dans le cas des punaises cléthrophages (qui se nourrissent de graines sèches). On ignorait par contre comment les punaises des graines de Malvacées, en particulier, arrivent à se

mais toujours par intérêt !

nourrir exclusivement de ces organes pauvres en nutriments et riches en métabolites secondaires toxiques.

Une équipe de l'institut Max-Planck d'Iéna (Allemagne) a entrepris d'étudier le ravageur africain Dysdercus fasciatus, Punaise rouge du cotonnier, en même temps que le très familier et inoffensif Gendarme Pyrrhocoris apterus (de la même famille), qui se nourrit des fruits du tilleul ainsi que de graines de Malvacées.

Au moyen du séquençage à haute fréquence de broyats de ces punaises, une communauté de 3 à 6 bactéries a été révélée, au niveau de l'intestin moyen, quasi-identique entre les deux espèces. Cette flore est donc très anciennement installée. Les œufs désinfectés donnent naissance à des individus bien diminués : ce sont des symbiontes qui détoxifient et/ou fournissent les nutriments manquants – sujet de la phase suivante de l'étude.

Classiquement, la transmission d'une génération à la suivante se fait par le dépôt dans les voies génitales de la mère des bactéries sur l'œuf et l'acquisition par les larves nouveau-nées qui tâtent de leur rostre les restes du chorion (placenta).

Tourisme profitable

Des trichomes crochus et/ou des sécrétions glandulaires rendent certaines plantes collantes pour les petits insectes qui leur rendent visite. Hypothèse : les malheureux *« touristes »* scotchés sont une provende pour des prédateurs généralistes plus ou moins nécrophages (et insensibles au piège) qui, ainsi favorisés, croquent des insectes phytophages ravageurs de ladite plante, dont le succès reproductif est augmenté.

Deux entomologistes états-uniens, Billy Krimmel et Ian Pearse, ont monté la manip suivante. Les touristes sont des drosophiles dont les cadavres sont déposés par 5 sur 41 plants d'une sorte de petite marguerite jaune californienne, Madia elegans. Ils ont été observés chaque semaine durant tout l'été.



Le ravageur principal des Madias est la chenille d'Heliothodes diminutive qui dévore les boutons floraux (sans adhérer). Ses prédateurs sont deux espèces de punaises et deux d'araignées.

Résultat : le dépôt des 5 drosos augmente nettement les effectifs de prédateurs (de 75 à 450%), diminue de 60% les dégâts de la chenille et augmente de 10% la production de fruits.
Au-delà de la mise en évidence d'un piège à touristes – selon l'expression des 2 chercheurs – ce travail pointe le rôle très rarement pris en compte des cadavres dans les chaînes alimentaires autour des végétaux.

Le coup de la pompe

La femelle de l'Hyménoptère Ganaspis sp. 1, endoparasitoïde, pond dans Drosophila melanogaster, Mouche du vinaigre et des labos, et lui injecte en même temps du venin. En réaction, des plasmatocytes - cellules de l'immunité innée - affluent via l'hémolymphe et encapsulent les œufs qui meurent : la droso survit. Sinon, les larves de G1 dévorent la droso de l'intérieur ; quand elles se nymphosent, la mouche meurt.



Une étonnante manipulation de l'immunité cellulaire de l'hôte par le parasitoïde vient d'être mise au jour par Todd Schlenke et ses collègues de l'université Emory (Géorgie, États-Unis). Par des techniques de biologie moléculaire, ils ont dressé l'inventaire des composants du venin du parasitoïde : pas moins de 170 substances et parmi elles, en quantité, une protéine protégée (elle se retrouve tout au long de l'évolution) appelée SERCA. C'est une *« pompe à calcium »* qui, dans la cellule, contrôle les flux de calcium entre cytoplasme et réticulum endoplasmique. Le calcium, en très petite quantité, joue le rôle de signal intracellulaire et son excès empoisonne la cellule.

En utilisant des drosos transgéniques, il a été établi qu'un pic de calcium déclenche l'attaque des plasmatocytes. Et que l'injection de SERCA avec le venin inhibe cette salutaire réaction. Ceci sans aucun effet sur les autres cellules de l'hôte.

Il reste à comprendre comment la protéine SERCA, hydrophobe et entourée d'une membrane huileuse, parvient sans altération de la glande à venin à sa cible la cellule immunitaire ; l'hypothèse d'un virus véhicule est avancée.

Des millions d'espèces restent inconnues !



Insectes fossiles ou bien actuels, l'homme est bien loin de les découvrir en totalité…

Un moustique de 46 millions d'années !

Donné au Muséum national d'histoire naturelle de Washington (Etats-Unis), un fossile de moustique trouvé dans le schiste bitumineux de la formation Kishenehn (Montana) attire l'attention. Son abdomen est gonflé comme celui du moustique qui vient d'achever son repas de sang.

Dale Greenwalt et ses collègues entreprennent d'analyser le contenu stomacal, apparamment très bien conservé depuis le milieu de l'Éocène (soit 46 millions d'années). Passé au spectromètre de masse d'ions secondaires (SIMS), il révèle, outre un fort contenu en fer, des molécules de porphyrine. Soit la trace fossile de l'hème, transporteur d'oxygène dans l'hémoglobine.
Ce moustique était donc hématophage.

Impossible d'identifier l'animal piqué. Difficile de comprendre comment il a été si bien fossilisé, peut-être grâce à un linceul de micro-algues.
Il livre un des très rares – et de plus celui-ci est direct - témoignages de ce type de régime alimentaire. Et indique que l'ambre n'est pas le seul matériau capable de bien conserver les insectes.

Il aimait les insectes

Il, c'est notre ancêtre, un être sans nom, qui a vécu il y a 65 millions d'années – au détriment des insectes. Il est le premier des mammifères placentaires, taxon qui regroupe aujourd'hui, en plus d'Homo sapiens, quelque 5 100 espèces. Contrairement à ce qui était jusque-là admis, ces animaux n'ont pas prospéré entre les pattes des dinosaures ni profité de la météorite qui a supprimés ceux-ci pour dominer la terre, ils sont apparus 200 à 400 000 ans plus tard, bien après aussi la fragmentation du Gondwana. Celle-ci n'est donc pas à l'origine de la différentiation des mammifères.

De notre ancêtre on n'a trouvé aucun fossile mais on sait qu'il était insectivore, arboricole, gros comme un rat avec une fourrure et une longue queue. La femelle portait un jeune à la fois. Il avait un cerveau complexe avec, déjà, un corps calleux.

Ces traits de vie ressortent de l'analyse, par Maureen O'Leary et son équipe (Stony Brook University, New-York, États-Unis), d'une énorme base de données. Y furent rentrées 4 500 caractéristiques pour chacune des 86 espèces de placentaires choisis – dont 40 éteintes. En outre, 27 gènes ont été comparés (chez les survivantes). Cet ensemble, 10 fois plus important que dans les travaux antérieurs, a été traité par des méthodes statistiques. Ainsi a émergé cet ancêtre original. En outre, ce travail indique que les Afrothériens (éléphants, siréniens, etc.) portent mal leur nom : ils sont originaires d'Amérique.

Un mérope tout nouveau

Et tout beau (le mâle), aux ailes finement réticulées, d'un joli vert pâle et avec un appareil copulatoire en forme de deux très longs forceps. On vient de le découvrir dans la forêt atlantique du Brésil, écosystème en péril.

L'imago d'Austromerope braziliensis est nocturne et vit au sol ; il stridule. On ne connaît pas la larve, probablement éruciforme (sous forme de chenille) sans fausses pattes.

C'est la troisième espèce de sa famille, les Méropidés, qui d'ailleurs porte un nom de malheur, celui d'un oiseau insectivore (on ne sait pas pourquoi). Une toute petite famille donc, de l'ordre pas très populeux des Mécoptères (*« ailes longues »*) qui compte dans ses rangs, en Europe, les panorpes (mouches-scorpions), les bittaques et le Borée. A vos dictionnaires !

Quelques records....

Le vol le plus rapide est celui de la Libellule à quatre grandes ailes : elle vole à 60 km/heure.

La plus grosse pondeuse est la Termite des Tropiques : 40 000 oeufs par jour parfois pendant plus de 15 ans.

Le battement d'ailes le plus rapide est effectué par un puceron : 62760 battements en une minute, et même 133080 à une température de 37°C.

Le poids de toutes les Fourmis du monde est égal à celui de tous les Hommes !

Le vol le plus long connu est celui du Papillon Belle-Dame qui parcourt 6 400 km pour ses migrations d'Afrique en Islande.*(Source : OPIE)*

Idées plus ou moins bizarres



L'intérêt que les humains portent aux insectes donne parfois lieu à de drôles de comportements...

Les cent pas du prisonnier

La machine à dessiner d'Harvey Moon, jeune graphiste de Chicago (États-Unis) qui dit ne pas savoir dessiner, se compose ainsi : un stylo-feutre est appliqué sur un papier vertical par un équipage mobile suspendu à 2 câbles ; lesquels câbles sont mus par des moteurs pas à pas commandés par un ordinateur faisant tourner un logiciel spécial ; lequel logiciel traduit toute image en parcours du stylo, en introduisant des perturbations aléatoires et en prenant son temps – l'achèvement de l'œuvre – non reproductible - peut prendre des jours ou des semaines.

La machine a été financée sur projet par des dons, via la page Internet de l'artiste.
La machine est polyvalente. Elle va même jusqu'à dessiner (sans s'éterniser sur le motif) le trajet, relevé par une caméra, d'un grillon enclos dans une boîte en carton.

Filet à papillons numérique

Comment intéresser les enfants aux insectes, tout en leur faisant faire de l'exercice ? Peut-on recourir au procédé barbare des siècles précédents qui consistait, de nombreux textes et même pas mal de films l'attestent, à leur donner un filet à papillons (à leur taille) en leur disant *« Allez ! Tous à la chasse ! Vous me les rapportez pas trop esquintés et c'est moi qui les mets dans le bocal à cyanure. Ce soir, on les étalera ensemble et on leur donnera leur nom »*.

On mesure maintenant les dégâts de cette pratique qui, heureusement, n'a plus lieu d'être (si jamais elle a perduré). Trois designers, Cheng Zhang, Jin Tuo et Wang Lingen, proposent *« E-Catch Net »*, filet sans poche de tulle, indéchirable et surtout grâce auquel l'entomofaune pourrait renaître et les jeunes se développer au bon air des prairies fleuries sans traumatisme psychique irréversible.

Comment ça marche(rait) ? Par un geste habile, l'enfant fait passer le papillon volant au travers du cadre de l'engin, sans le heurter. L'engin numérise l'insecte au passage. La partie terminée, le *« filet »* est connecté à un ordinateur. Celui-ci affiche le résultat de la chasse, avec les noms latins et tout, et imprime les papillons, en couleurs, qu'il n'y a plus qu'à découper et à épingler si l'on veut.

Faible impression

Chacun peut désormais fabriquer chez soi l'objet désiré, si complexe soit-il, avec une imprimante 3 D. Quoi de plus désirable et compliqué qu'un insecte ?
Il suffit de sortir un spécimen de son carton, de le dépiquer, de numériser ses formes, de lui adjoindre des compagnons tout aussi virtuels qui profiteront de la manip, de se munir de la quantité de poudre de titane nécessaire, de lancer la bécane et d'attendre une petite demi-journée. Sortis de leur gangue, les gros insectes (x 50), monocolores, inarticulés et assez grossiers peuvent servir.

Stridulophile !

Daniel Emlyn-Jones a deux métiers - professeur privé (de maths et de sciences) et bedeau -, et un amour pour les grésillements des grillons. Cette passion l'a poussé à acheter sur Internet un millier de Grillons provençaux, et à les lâcher dans son jardin à Oxford (Royaume-Uni), avec du muesli comme provende.

Cela l'a amené subséquemment à recevoir un avertissement de la police, pour mise en danger de la faune locale par l'introduction d'une espèce allochtone et contravention au Wildlife and Countryside act. Il a dû finalement aller dans une jardinerie où il a fait l'emplette de pièges ad hoc pour récupérer les bêtes.



Eleanor Gates-Stuart, du CSIRO (Agence nationale scientifique d'Australie), qui a réalisé ainsi une première série de modèles pour une exposition artistique, voit là un moyen d'avenir pour observer, voire d'étudier, les insectes sous toutes leurs coutures, sans loupe binoculaire.

Chenilles théières

Suivant une ancestrale tradition du Sud-Est asiatique, vous faites infuser un peu de poudre et vous disposez d'un thé limpide, coloré, délicieusement parfumé et surtout bon contre plusieurs maladies. Pas besoin de passoire, il n'y a aucune feuille de thé.
La même tradition vous indique comment faire la poudre : vous broyez les crottes sèches de chenilles.

La chenille Aglossa dimidiate s'élève sur les feuilles bouillies, puis séchées, puis pulvérisées avec de l'eau de riz, du pommier Malus Sieboldii notamment ; les fèces sont récoltées au moyen d'un tamis. Il vous faudra 10 kg de feuilles récoltées au printemps (et une année) pour récolter 1 kg de thé « Sanye ».

Les chenilles Hydrillodes morose ou Nodaria niphona donnent le choncha, un thé noir, riche en acide ellagique (antioxydant), puisé par les insectes dans leur plante nourricière, l'arbre Platycarya stobilacea, toxique en l'état. C'est excellent contre les hémorroïdes et la diarrhée.

Ces thés, selon l'insecte et la plante, ont des propriétés variables. Ceux qui ont été analysés se sont révélés sûrs.

Mouches-robots et



Parce qu'ils possèdent parfois des capacités exceptionnelles, les insectes fascinent l'homme qui tente alors de copier la nature…

Mouche artificielle

Elle possède des ornements, s'agite au bout d'un fil. Elle ne sert pas à la pêche en rivière, mais à la recherche sur les très petits robots volants. La performance est notable : l'engin, diptère de 80 mg et de 3 cm d'envergure, vole et manœuvre. Les ailes (à nervation simplifiée) battent à la fréquence de 120 Hz, mues chacune par un cristal piézoélectrique dont l'effet est augmenté par résonnance ; leur articulation basale est faite de telle façon que l'angle d'attaque varie, ce qui assure sustentation et propulsion.

L'antenne et les 3 cerques sont terminés par de petites sphères brillantes. Leur rôle est de permettre le suivi de la mouche via une caméra. Un logiciel ad hoc lui envoie des signaux qui agissent sur le cristal piézo en sorte qu'elle conserve une attitude efficace (sans quoi elle virevolte et s'écrase). Ces signaux, de même que le courant électrique nécessaire, sont transmis par le fil.

L'équipe (Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering, à Harvard, États-Unis) a d'abord essayé des engins à rotors puis s'est tournée vers l'imitation des insectes. Ces ingénieurs espèrent parvenir à faire voler des mouches de cette taille sans laisse, avec un cerveau et de l'énergie embarqués.

NDLR : à quoi pratiquement pourraient servir ces diptères de quincaillerie ? À distraire, publier, espionner, polliniser, leurrer, chercher, inoculer, jouer… se faire épingler (avec une épingle en acier au tungstène). Bref servir et nuire. Mais pas à nourrir les poissons ? Si, porteurs d'une pâte nourrissante à goût d'insecte.

La cigale, le microbe mou et l'autobus

L'aile membraneuse et transparente de Psaltoda claripennis, cigale de la façade est de l'Australie, est pavée de micropicots. Ces reliefs de la cuticule, disposés régulièrement, sont espacés d'un intervalle de l'ordre de grandeur d'une bactérie.

Une fois déposée sur cette aile, une bactérie risque fort d'y mourir, non pas embrochée mais coincée puis laminée entre les picots. Sauf si elle est coriace.

Elena Ivanova et son équipe australo-espagnole (université Swinburne, Hawthorne) ont traité des bactéries aux micro-ondes, de façon à en ramollir plus ou moins la membrane. Une fois déposées sur l'aile, les plus coriaces, seules, ont effectivement survécu.

Anne-Marie Kietzig, ingénieure chimiste de l'université McGill (Montréal, Canada), a rejoint l'équipe pour développer un matériau antibiotique inerte, copié sur le tégument de la cigale. On pourrait en revêtir ces nids à microbes que sont les barres dans les autobus.

Les termites ou les fées ?



Ou la radioactivité, ou les gaz du sol, voire les extraterrestres ? Qui est responsable des cercles nus qui parsèment la prairie depuis l'Angola jusqu'à l'Afrique du Sud ? Au centre, rien ; le long du bord, de l'herbe plus drue qu'ailleurs. Diamètre : de 2 à 12 m.

L'analyse de photos satellitaires sur une période de 4 ans – par Walter Tschinkel (université de Floride, Etats-Unis) – a révélé que des cercles disparaissent et apparaissent dans ce laps de temps : ils sont *« vivants »*. Leur diamètre croît avec l'âge, de 41 ans en moyenne, et qui peut atteindre 75 ans. Mais rien n'a été trouvé de particulier dans le sol de ces cercles.

Norbert Jurgens, de l'université de Hambourg (Allemagne), pense avoir résolu une fois pour toutes ce mystère ancien : les cercles *« de fées »* sont l'œuvre d'un termite, Psammotermes allocerus. De son analyse de 1 200 échantillons, il ressort que



c'est le seul animal présent dans (presque) tous les cercles, il l'a trouvé en tous cas dans chacun des cercles tout jeunes qu'il a explorés.

Pourquoi l'aurait-on manqué jusque-là ? Ce termite rhizophage est particulièrement discret, ne fait pas de nid visible et creuse des galeries très ténues dans le sable superficiel : les entomologistes précédents auront creusé trop fort et trop profond.

Pour Norbert Jurgens, ces termites désherbent (par les racines) pour profiter seuls de la maigre ressource en eau ; pendant la saison sèche, ils se réfugient sous les herbes périphériques – hautes car protégées de la concurrence - qu'ils finissent par grignoter aussi : le cercle s'élargit.

D'autres spécialistes sont sceptiques (la corrélation observée n'est pas une relation de cause à effet) ou avancent, études de terrain à l'appui, que les cercles sont le fait de la seule compétition entre plantes dans un milieu très sec.

termites extraterrestres

La mémoire ouvrière

À la recherche d'un bon modèle animal d'évaluation des effets des substances psychoactives et surtout addictives (bref, les drogues illicites), Géraldine Wright (université de Newcastle, Royaume-Uni) et ses collaborateurs étudient les réactions de l'Abeille mellifère. Exposant des ouvrières butineuses à la caféine, ces entomologistes ont obtenu un résultat surprenant : leur mémoire est améliorée.

La caféine est présente, outre chez le caféier, dans les organes du théier et des Citrus (agrumes et autres) à des concentrations qui paralysent et tuent les insectes phytophages (sauf les ravageurs patentés…). Dans le nectar de ces plantes, la dose est beaucoup plus faible et les butineurs-pollinisateurs nectarivores le prélèvent sans inconvénients. Mais pas sans effets.

Lors d'expériences d'apprentissage (avec récompense à la clé) au laboratoire, il est apparu que les abeilles gardent plus longtemps (1 à 2 jours) le souvenir de l'eau sucrée additionnée d'une dose de caféine égale à celle présente naturellement dans le nectar des fleurs. La caféine, à cette concentration, n'est pas perçue par les abeilles.





L'étude s'est poursuivie au niveau histologique et il est apparu que la caféine, très probablement, augmente la sensibilité des cellules globulaires (de Kenyon) – neurones du protocérébron impliqués dans l'apprentissage et la mémoire. On a trouvé par ailleurs un effet de la caféine sur certains neurones de l'hippocampe chez le rat.

La caféine, en tous cas, tient les entomologistes éveillés.

Noctuole

Le pétrole (*« huile de pierre »*) se fera rare et cher, mais le *« noctuole »* viendra à la rescousse. Cette *« huile de noctuelle »* (papillon de nuit) coulera d'une bioraffinerie alimentée avec des déchets végétaux. La transformation en carburant sera le fait d'un enzyme tiré de la flore intestinale de la noctuelle Agrotis ipsilon.

Depuis plusieurs années, on étudie, avec les outils de la métagénomique, la faune de la panse rectale des termites dans l'espoir de mettre au point un procédé de fabrication de méthane et d'hydrogène.



Avec ces mêmes outils, perfectionnés depuis, une équipe chinoise a comparé les microbiomes (les peuplements de micro-organismes symbiotiques avec leurs génomes) d'un termite Nasutitermes xylophage, d'un criquet mangeur de graminées Acrida cinerea, et de la noctuelle polyphage A. ipsilon. De grandes différences sont apparues, liées à leurs spécialisations alimentaires : de quoi digérer la lignocellulose chez le termite, des enzymes pour exploiter les sucres chez les deux autres.



L'évaluation des performances de 4 enzymes issus de ces derniers a montré que ceux des symbiontes digestifs de la noctuelle étaient plus efficaces pour dégrader la matière végétale. D'où l'espoir de tenir là la clef d'un procédé de transformation de la biomasse en biocarburant.

Des petits êtres vivants parfois

Que ce soit pour protéger ses cultures ou pour éviter de se faire piquer, la lutte de l'homme contre l'insecte remonte à la nuit des temps ! Mais les deux parties rivalisent d'ingéniosité…

La Fourmi court-jus

Elle sévit au sud des États-Unis, personne ne parvient à en venir à bout. Son nom commun en langue locale, crazy Rasberry ant, indique d'abord



qu'elle fait partie des fourmis folles, agitées des 6 pattes. Ensuite, il fait honneur à M. Rasberry, exterminateur de vermine de son métier, qui l'a découverte en 2002.

Lutte bio perso

Pua et Aurora sont deux fourmiliers à collier, des auxiliaires de lutte biologique classique contre les fourmis domiciliaires. Angela les a importés d'Amérique du Sud à Oakridge (Oregon, États-Unis) et acclimatés. Elle les nourrit, s'en occupe, dort avec quand ils ne passent pas la nuit dans le tambour du lave-linge, les voit prendre goût au fromage bleu et leur apprend des tours.

En tous cas, elle s'en déclare très satisfaite et l'on mettra son engagement pour la lutte biologique au tableau d'honneur.

Elle dédaigne les appâts à fourmis, se moque des insecticides et adore, on ignore pourquoi, les installations électriques où elle provoque des courts-circuits. Lesquels font exploser les fourmis, ce qui dégage une odeur particulière qui attire les congénères… Là où il n'y a pas de courant, elle nidifie n'importe où.

Ce n'est qu'en 2012 qu'on l'a identifiée à Nylanderia fulva. C'est une envahisseuse opportuniste et polyphage, originaire d'Amérique du Sud. Envahisseuse lente mais efficace, elle étend son aire de répartition de 800 mètres par an, bouleversant les écosystèmes. Notamment, elle déloge des territoires qu'elle avait précédemment conquis à une autre envahisseuse, la Fourmi de feu importée Solenopsis invicta, bien plus facile à maîtriser… Elle la fait disparaître essentiellement par compétition, en la privant de ressources.

Que faire ? D'abord, éviter de transporter cette fourmi vers les zones indemnes. Et tâcher de tracer la carte de sa répartition potentielle.

Dégringolant

Les insectes marcheurs envahissent les locaux et les conduits de climatisation ; ni les surplombs ni les surfaces lisses ne les arrêtent. Sans barrière insecticide, il est possible de les en empêcher depuis 2009 grâce à l'invention (exemple de sérendipité) d'une peinture.

Dans le but de réinventer un traitement de surface anti-intrusions, Thomas Speck et ses collègues de l'université de Fribourg (Allemagne) ont recherché les propriétés physiques (microstructure) et chimiques de différents organes végétaux plus ou moins glissants sous les tarses des insectes.
Pour ce faire, ils ont attelé, par une tige collée sur leur dos, des Doryphores à une sorte de dynamomètre et les ont fait patiner (plus ou moins) sur des surfaces naturelles et leur moulage dans des matières plastiques plus ou moins mouillables.

Les cristaux de cire et surtout les microvillosités d'un demi- micron de haut et de maille entre 0,5 et 1,5 microns font des antiadhésifs très efficaces, meilleurs que le verre, et quelle que soit la nature chimique de la surface.
La suite de ce travail de bionique : adapter les matériaux *« biodérapants »* aux différents insectes intrusifs (blattes, fourmis, punaises…) par étirement et contraction.

L'indifférence dans la peau



Nous intéressons beaucoup les moustiques, aux femelles hématophages, mais avec de fortes disparités entre nous, dues à des différences de concentration entre les centaines de substances chimiques qui font notre odeur personnelle. On peut éloigner ces seringues volantes et agaçantes et dangereuses avec un répulsif, classiquement le DEET.

Les recherches pour lui trouver un substitut explorent plusieurs pistes. Ulrich Bernier (ministère états-unien de l'agriculture, USDA) a étudié les réactions des moustiques aux diverses sécrétions de la peau. Un groupe de produits, incluant la 1-methylpiperzine, s'est révélé capable de rendre le moustique anosmique : l'insecte ignore la peau du bras de l'entomologiste qui lui est offerte, ointe de ce produit, et reste sur la paroi de la cage, l'air complètement indifférent.
Plusieurs années de travaux cependant seront nécessaires pour disposer d'un produit commercial.

plus malins que l'homme ?

Le gène de l'homme attirant



Il s'appelle orco, et peut être désactivé par génie génétique. C'est ce qu'ont fait Matthew DeGennaro et son équipe, au laboratoire de Neurogénétique et Éthologie de l'université Rockfeller (New-York, États-Unis). Ils ont par ailleurs capturé l'odeur de l'homme (de labo) sur des bas nylon portés 24 heures (autour des bras – déodorant interdit).
Les moustiques Aedes aegypti (vecteurs principaux de la dengue et de la fièvre jaune) ainsi modifiés ne préfèrent s'y poser qu'en présence de gaz carbonique. Ils ne marquent pas leur préférence atavique pour le bras de l'entomologiste et vont aussi bien sur la peau du cochon d'Inde voisin.

Ointe de DEET – le répulsif de référence – la peau de l'homme n'attire pas les moustiques sauvages. Leurs congénères *« domestiques »* au gène orco désactivé se posent puis s'envolent, sans piquer. Le DEET a donc une double action, olfactive et tactile. Une hypothèse courante était qu'il masquait l'odeur de l'homme ; selon M. DeGennaro, il agirait en fait en piratant l'appareil olfactif du moustique.
Le cadre de ces travaux : l'amélioration des performances des répulsifs, arme indispensable contre les maladies transmises par ces insectes.

Quelle peste !

Pour lutter contre les pucerons ravageurs des plantes, on a introduit, par plusieurs voies, en Europe et en Amérique du Nord un auxiliaire très rustique, très prolifique, très vorace : la Coccinelle asiatique. L'agent de lutte biologique allochtone, parfaitement acclimaté, fait son boulot mais il y en a trop et elle pue : elle élimine les coccinelles autochtones, ses concurrentes, prend nos maisons comme site d'hibernation et s'attaque aux fruits mûrs comme les raisins, gâtant irrémédiablement le vin.

C'est devenu une peste, un néozoon, c'est-à-dire une espèce invasive, qu'on s'emploie à mieux connaître. Une équipe allemande (de Giessen et d'Iéna) a fait l'inventaire des molécules de son hémolymphe, agents de ses défenses immunitaires. On y trouve une grande quantité – des douzaines - de peptides antimicrobiens et une substance spécifique, l'harmonine, un puissant antibactérien. La résistance aux maladies pourrait déjà expliquer en partie son succès.

L'hémolymphe contient en outre des microsporidies (champignons unicellulaires parasites) pathogènes pour les coccinelles – sauf l'asiatique, immunisée (on ne sait pas encore comment). Une arme microbiologique donc, délivrée à la concurrence ennemie par morsures. Les coccinelles pratiquent la prédation intraguilde, attaquant systématiquement les œufs et les larves des autres coccinelles qu'elles rencontrent. C'est de la bonne nourriture, sauf si la proie est de la Coccinelle asiatique, alors c'est mortel.

Des chenilles africaines résistent au maïs OGM

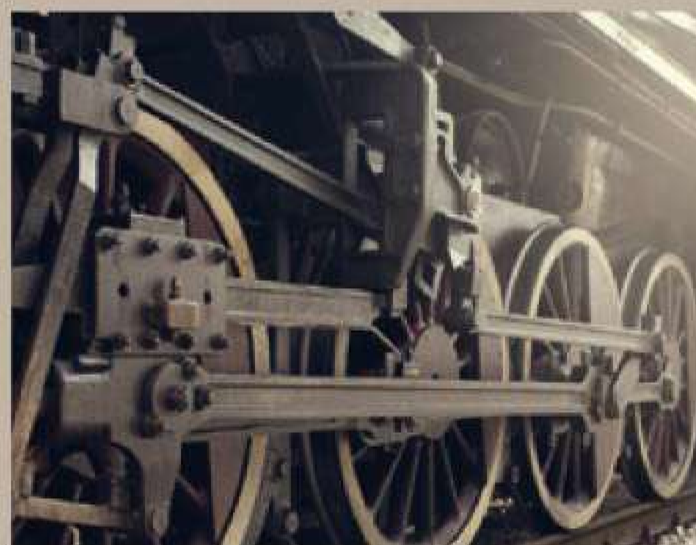
Le maïs MON 810, modifié par génie génétique, produit une toxine de la bactérie Bacillus thuringiensis (Bt) qui tue les chenilles qui s'en nourrissent, en détruisant la paroi de leur intestin moyen. Utilisé depuis 6 ans en Afrique du Sud, il vient, dans plusieurs endroits, de perdre son efficacité vis-à-vis d'un ravageur très dommageable, le Foreur africain des tiges de céréales.

La raison de l'apparition de cette résistance a été trouvée par des chercheurs de l'IRD et leurs collègues sud-africains. Croisés avec des invidus du Kénya, où ce maïs OGM n'est pas cultivé, les papillons résistants engendrent des chenilles insensibles au Bt. La transmission, dans ce cas, se fait donc selon le mode dominant. Ce qui rend inopérante la stratégie des zones refuges (où les insectes ne sont pas soumis au Bt) qui vise à maintenir une bonne sensibilité dans la population du ravageur – et fonctionne bien notamment aux États-Unis.

Les mille-pattes arrêtent les trains

Même si ce ne sont pas des insectes, évoquons tout de même cette histoire étonnante du mille-pattes Ommatoiulus moreletii qui a encore fait des siennes. Cet immigré – il est arrivé du Portugal en Australie en 1954 – est non seulement un envahisseur gênant (il est végétarien détritivore et pas du tout méchant), mais aussi un ennemi du trafic ferroviaire.

En mars 2009, une foule de ces Diplopodes avaient traversé les voies en masse, sur quand même un mile de long, et arrêté les trains en mettant hors service la signalisation.



Là, ils ont provoqué la collision d'un train qui était censé s'arrêter avec un convoi à l'arrêt, provoquant de légères blessures chez 6 passagers. Se massant sur les rails, ils ont formé - avec l'aide des roues – une matière lubrifiante digne des meilleures huiles.



Pour maîtriser ce foreur, on peut envisager l'emploi de maïs produisant deux toxines (ce qui rend l'adaptation des insectes bien plus difficile) ou d'agents de lutte biologique : micro-hyménoptères et champignon.



Nouveau suspect

Aux États-Unis, le syndrome d'effondrement des colonies d'Abeille domestique (CCD) a provoqué ces 6 dernières années la perte de 10 millions de ruches. Plusieurs causes ont été invoquées parmi lesquelles des insecticides, des maladies transmises par des parasites, la raréfaction des sources de nourriture. Le travail publié cette année par une équipe du Maryland apporte un élément nouveau, et inquiétant, sans toutefois percer le mystère de la spécificité du CCD : les abeilles de la ruche meurent toutes en même temps.

Alimentées avec du pollen récolté par des abeilles pollinisant des cultures (canneberge, pastèque…), des abeilles saines se sont révélées beaucoup plus sensibles au champignon d'origine asiatique Nosema ceranae, impliqué dans le CCD. Ce pollen était gravement épicé : 9 pesticides en moyenne, jusqu'à 21 dans un échantillon. 8 matières actives ont été reconnues favorables à la nosémose (maladie parasitaire de l'abeille) et parmi elles, les fongicides. Ceux-ci n'avaient jusque-là pas attiré l'attention et les cultivateurs traitent sans se soucier des ruchers présents.

Les abeilles seraient victimes non d'un type particulier d'insecticides mais d'une association de produits phytosanitaires, qui reste à étudier. L'étude a soulevé un autre problème : Apis mellifera, d'origine européenne, ne collecte pas de pollen des plantes cultivées américaines (comme la canneberge) ; elle se sert sur les plantes spontanées des bordures – qui semblent largement arrosées de pesticides…



Maintenir l'intolérance

En 2011, ce sont plus de 420 millions d'hectares de terres dans le Monde qui auront supporté une culture Bt, maïs ou cotonnier transgénique, exprimant une toxine de la bactérie Bacillus thuringiensis.

Face au risque du développement de populations d'insectes ravageurs tolérantes, des pratiques ont été imaginées théoriquement puis mises en application pour le retarder indéfiniment. L'efficacité des cultivars Bt s'est maintenue dans de nombreux endroits mais s'est effondrée dans quelques autres.

L'analyse de suivi de l'évolution de la sensibilité de populations de ravageurs au champ, sur les 5 continents, vient d'être livrée. Sur 24 cas pris en compte, impliquant 13 espèces d'insectes déprédateurs et 6 variétés de Bt dans 8 pays, les auteurs en relèvent 5 où la moitié des individus de la population sont devenus tolérants à la toxine en 3 à 8 ans.

Nos remerciements à Alain Fraval, de l'OPIE, pour sa précieuse collaboration.

L'essentiel de la Science
N°44
- 11e année -
www.lafontpresse.fr

UNIVERS PARALLÈLES
L'espace-temps en question

DÉCOUVERTES D'AVENIR
COSMOS
Le défi de la vie dans l'espace

- LES PLANÈTES HABITABLES
- LA VIE EXTRATERRESTRE
- LES TROUS NOIRS
- LE BIG BANG
- LES EXOPLANÈTES

OÙ POURRA-T-ON VIVRE EN DEHORS DE LA TERRE ?

ABONNEZ-VOUS L'essentiel de la Science
Et renvoyez ce bon dument rempli à Lafont Presse
53 rue du Chemin Vert - 92100 Boulogne-Billancourt

OUI, je m'abonne à *L'essentiel de la Science* (papier + numérique) et le recevrai chez moi (10 numéros au prix de 54€ au lieu de 69€)

Nom : .... Prénom : ....
Adresse : ....
Code Postal : ....
Ville : ....
Télephone : ....
Date de naissance : ....
Courriel : ....

❑ Je règle par Chèque bancaire ou postal à l'ordre de *Lafont presse*
53 rue du Chemin Vert - CS 20056 - 92772 Boulogne-Billancourt Cedex

❑ ou par carte bancaire : visa
N° :
expire fin
cryptogramme (les trois derniers chiffres au dos de votre carte)

Signature :

○ En cadeau, je reçois *Science magazine* (voir ci-contre).*
* dans la limite des stocks disponibles

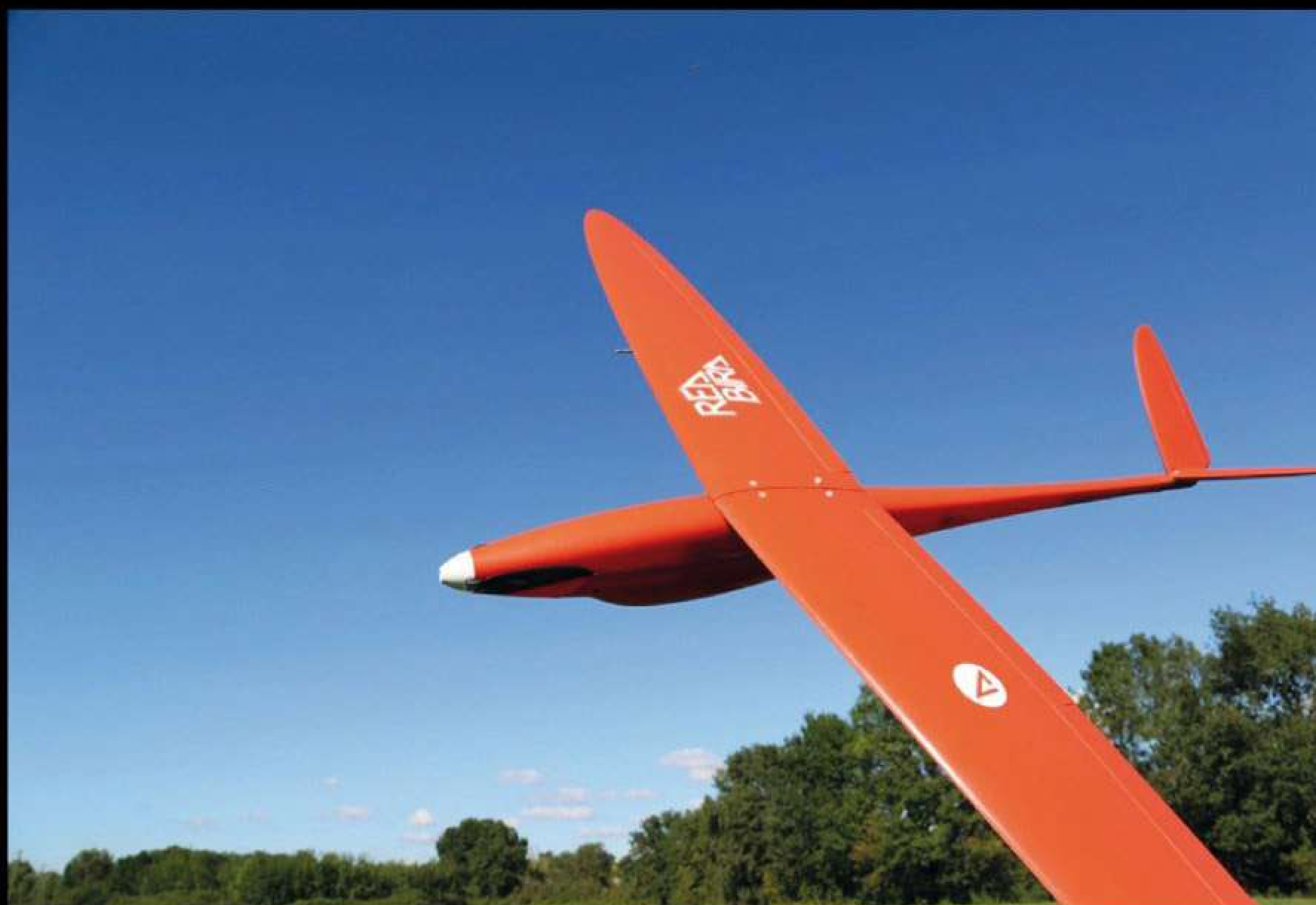
Conformément à la loi "informatique et libertés" du 6 janvier 1978 modifiée en 2004, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent. Vous pouvez accéder aux informations vous concernant, les rectifier et vous opposer à la transmission éventuelle de vos coordonnées en cochant la case ci-contre ❑ ou en adressant un courrier libre à Lafont presse – 53, rue du Chemin vert, 92100 Boulogne Billancourt.

www.lafontpresse.fr

Tarif DOM TOM et étranger : + 2€ par revue servie

Lafont presse
c'est positif !
En kiosques et tablettes sur lafontpresse.fr

Drones : l'invasion se confirme


© Redbird

Utilisés tout d'abord à des fins militaires, les drones ont fait leur entrée dans la vie civile où leurs applications semblent innombrables. Surveillance de sites, maintenance d'équipements industriels, cartographie aérienne, suivis de chantiers et même livraison de colis... ces aéronefs sans pilote vont-ils devenir des collaborateurs omniprésents?



Ils surveillent, filment, cartographient...



Les capacités des drones se sont aujourd'hui multipliées. Loin de se limiter à la prise de vue aérienne, les caméras des drones peuvent agir dans les fréquences du spectre visible, mais aussi infrarouge, ou encore procéder à des calculs de volume via un capteur laser. Comme le souligne la Fédération Professionnelle des Drones Civils, *«la visée des drones est de permettre aisément la capture de données aériennes qui par la suite peuvent être traitées et analysées (exemples: orthophotos, modèles numériques, cartographie, thermographie...). Grâce aux nombreuses différentes captures de données aériennes que les drones peuvent effectuer, les applications dans le secteur civil sont très diverses, avec des applications potentielles dans des marchés tels que le secteur pétrolier (pipelines, installations industrielles), l'énergie (lignes à haute tension, pylônes), le transport (surveillance et inspections de rails, routes, fleuves), la construction et le BTP, l'inspection d'ouvrages d'art, l'agriculture de précision, la photographie et vidéo professionnelles, etc...»*

Les types de drones se diversifient également, qu'ils soient à voilure fixe (avions), ou à voilure tournante (hélicoptères, multicoptères), qu'ils se destinent aux professionnels ou aux amateurs. Une législation est donc devenue nécessaire afin d'encadrer leur utilisation. «*Après plusieurs années de concertation entre les autorités et les différentes parties, l'arrêté ministériel du 11 avril 2012 a fixé les conditions de développement du secteur des drones à usage civil*», poursuit la Fédération. Cet arrêté exige notamment, dans tous les scénarii de vols, l'obtention d'une licence de pilote et, selon la catégorie de drone utilisée, des équipements de sécurité obligatoires, une demande d'autorisation de vol, etc... En résumé, les drones à usage professionnel ne doivent pas constituer une menace pour les autres usagers de l'espace aérien et doivent préserver la sécurité des tiers au sol.

Dès lors, la France se place comme un pays précurseur en matière de législation dans ce secteur. Elle est notamment aujourd'hui le seul pays à avoir formellement autorisé de manière «routinière» le vol à longue distance et hors de la vue du pilote (voir encadré: «Scénario S4»).

Aussi la filière se développe-t-elle de manière exponentielle: elle est aujourd'hui constituée de plus de 600 opérateurs contre une cinquantaine il y a deux ans!

La Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) a décrit et segmenté différents scénarii de vol tels qu'il suit :

- Scénario S1: opération en vue directe du télépilote se déroulant hors zone peuplée, à une distance horizontale maximale de 100 mètres du télépilote.

- Scénario S2: opération se déroulant hors vue directe, hors zone peuplée, dans un volume de dimension horizontale maximale de rayon d'un kilomètre et de hauteur inférieure à 50 mètres du sol et des obstacles artificiels, sans aucune personne au sol dans cette zone d'évolution.

- Scénario S3: opération se déroulant en agglomération ou à proximité de personnes ou d'animaux, en vue directe et à une distance horizontale maximale de 100 mètres du télépilote.

- Scénario S4: activité particulière (relevés, photographies, observations et surveillances aériennes) hors vue directe, hors zone peuplée et ne répondant pas aux critères du scénario S2.

(Source: Fédération Professionnelle des Drones Civils - www.federation-drone.org)

Le drone a presque 100 ans!


©Redbird

Utilisation d'un drone multicoptère de Redbird dans le cadre d'une mission en carrière.

La conceptualisation du drone remonte à la fin de la Première Guerre Mondiale. Alors qu'aux Etats-Unis se développe le projet Hewitt-Sperry automatic airplane, en France George Clémenceau, alors Président de la Commission sénatoriale de l'Armée, lance un projet «d'avions sans pilote»: le capitaine Max Boucher met au point un système de pilotage automatique qui fait voler sur plus de cent kilomètres un avion Voisin BN3. Ainsi, dans les années 1920, des avions sans pilote radio-commandés voient le jour, avec les tentatives de torpilles aériennes télécommandées par des ondes de télégraphie sans fil.

La dénomination de «drone» (terme désignant en anglais un «faux bourdon», mâle de l'abeille) a été octroyée dans les années 1930 au Royaume-Uni par comparaison ironique à des Queen Bee: leur vol bruyant, lent et paresseux, ressemble plus à celui du bourdon à la vie éphémère qu'à celui d'une reine abeille. Cette dénomination a perduré et s'est institutionnalisée.

Le premier drone français stricto sensu a été conçu, réalisé et expérimenté dès 1923 à Etampes par l'ingénieur Maurice Percheron et le capitaine Max Boucher. Toutefois, l'armée française n'y voyait pas encore d'intérêt militaire.

Le grand essor des drones date de l'époque de la Guerre Froide. Le drone a été développé de façon confidentielle par les Etats-Unis comme un moyen de supériorité stratégique et de rupture de capacité devant permettre la surveillance et l'intervention militaire chez l'ennemi sans encourir les risques humains que l'opinion ne supportait plus. En outre, il est utilisé pour larguer des tracts dans le cadre de la guerre psychologique.

Les drones sont engagés pour la première fois pendant la guerre du Viet Nam, puis lors de la guerre du Kippour. Ils font désormais partie des moyens tactiques et stratégiques du champ de bataille. L'absence de pilote permet d'opérer à l'intérieur des lignes ennemies pour des missions à risque, sans crainte de pertes humaines.

Le secteur de la défense constitue un vivier historique pour le développement de technologies de rupture qui sont par la suite réutilisées dans le domaine civil. Tel fut le schéma de développement du drone. Depuis plus de vingt ans maintenant, les drones ont été développés et utilisés en France dans un cadre militaire, pour des missions de surveillance et de renseignement. Suivant l'exemple de nombreuses innovations majeures initialement militaires (le satellite, le moteur à réaction, le GPS, internet), la technologie des drones a été adaptée depuis quelques années au secteur civil.

(Source: Fédération Professionnelle des Drones Civils - www.federation-drone.org)

La France assure le leadership

Début 2014, la Federal Aviation Association (FAA), l'équivalent de la DGAC aux Etats-Unis, donnait son feu vert pour des essais de drones civils sur 6 sites dans le pays. L'ouverture finale du marché américain aux drones civils est prévue pour 2015. La France conserve donc sa longueur d'avance sur l'utilisation commerciale des drones civils. «*Les drones civils, ce sont beaucoup d'innovations et de potentiels pour demain, mais ce sont avant tout aujourd'hui des usages spécifiques pour les industriels et le domaine agricole*», déclare Emmanuel de Maistre, Président de la Fédération Professionnelle des Drones Civils et co-fondateur de la société Redbird, un opérateur pionnier du drone civil à usage industriel et agricole.


©Redbird

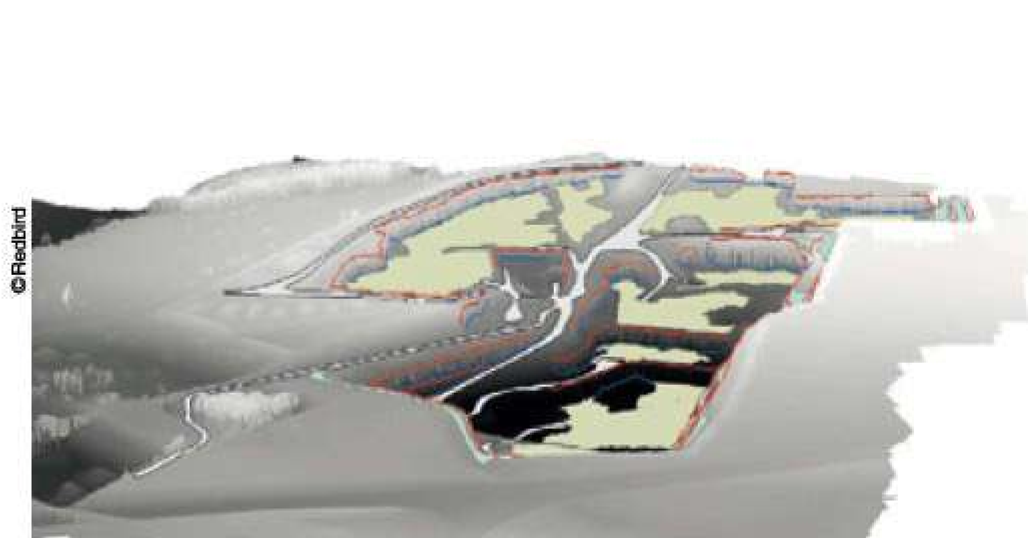
A titre d'exemple, Redbird est aujourd'hui le seul opérateur au monde à utiliser une flotte de drones civils permettant d'acquérir des données techniques répondant aux besoins des entreprises dans l'optimisation de leurs ressources, dans de nombreux secteurs tels que les grands réseaux d'infrastructures pour la surveillance et la maintenance des réseaux de transport (rail, route) et d'énergie (gaz, électricité); la construction / travaux publics et les carrières, pour la réalisation de relevés topographiques et cartographiques en 2D et 3D, permettant notamment le guidage automatique des engins de chantiers; l'agriculture de précision, où l'imagerie technique acquise par drone permet d'optimiser les intrants (engrais, pesticides) pour les agriculteurs et les viticulteurs.

En France, le secteur des Travaux Publics est un secteur économique majeur, avec un nombre important de chantiers de toutes tailles, répartis sur l'ensemble du territoire, et plus de 4.000 mines et carrières comptabilisées. Ce secteur reste néanmoins soumis à de fortes contraintes: légales (suivi foncier, levés de stocks, déblais, remblais, suivi du chantier…), économiques, ou encore de sécurité (zones dangereuses, circulation d'engins,…) pour lesquelles le drone civil offre une solution à forte valeur ajoutée en termes de topographie. Il permet de cartographier régulièrement les chantiers et d'en suivre très précisément l'avancement dans le temps, permettant ainsi aux exploitants de réaliser des gains de productivité tout en limitant l'exposition de personnel en zones à risques.

©Redbird



©Redbird



Exemples de traitements d'images 2D et 3D réalisés suite à un levé par drone d'une carrière de calcaire.

Réduire les risques humains...

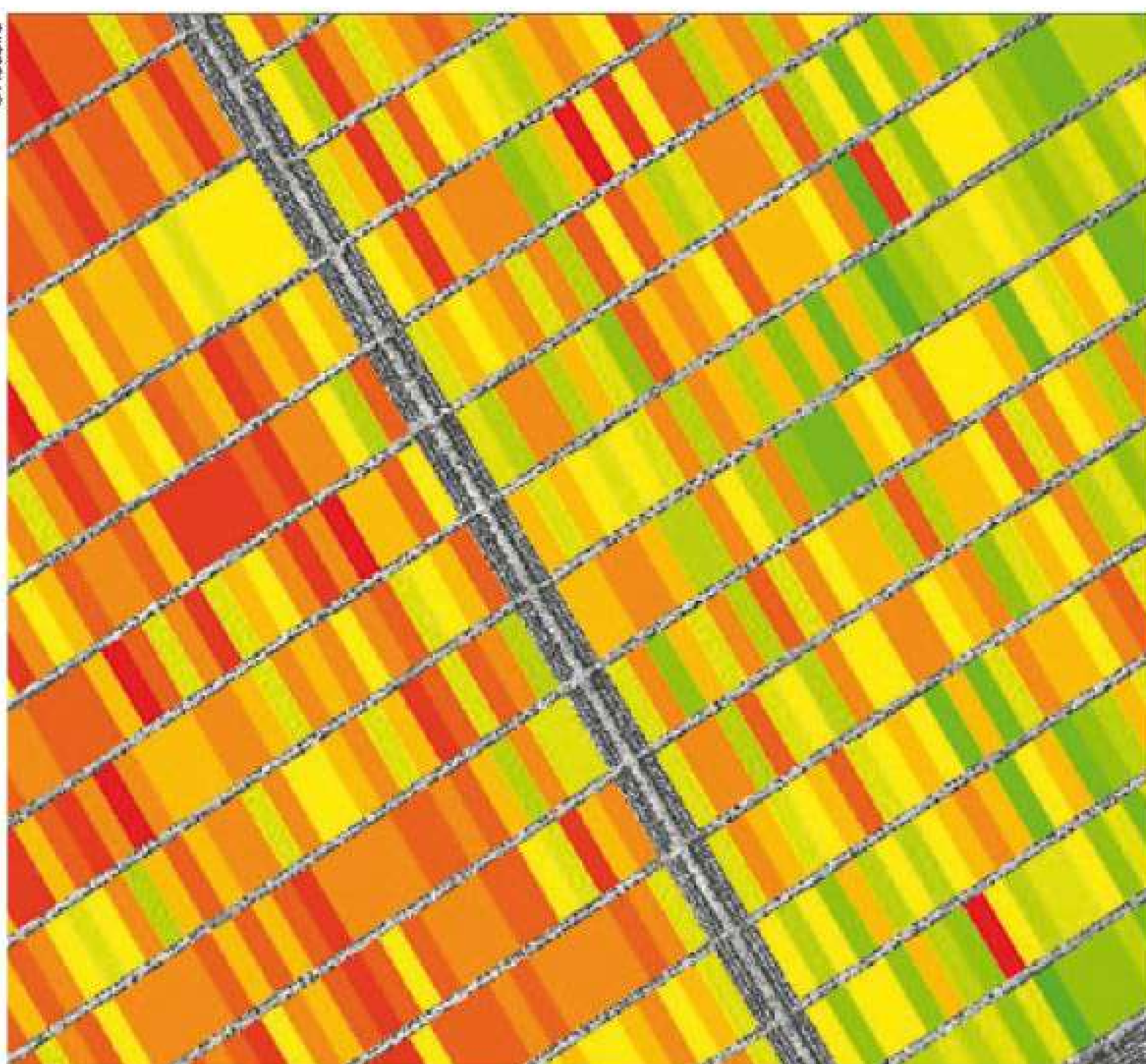
Lancé en 2014, le drone mis au point par Bouygues Energies & Services permet d'assurer des missions allant de la simple prise de vue aérienne à des relevés topographiques sur plusieurs kilomètres. S'appuyant sur sa maîtrise de l'ensemble des métiers du bâtiment, des travaux publics et de l'énergie, l'entreprise a conçu des drones réglementés équipés de matériel embarqué (capteurs, appareils photos, caméras vidéo Haute Résolution, caméras thermiques…).

L'objectif: réduire les risques humains encourus sur les chantiers, le temps consacré aux prises de vue et les coûts d'étude associés, tout en limitant l'utilisation de moyens complexes et onéreux (hélicoptères...).

Le secteur agricole offre désormais de nouveaux débouchés pour les drones civils, en particulier dans l'agriculture de précision. Alors que ce secteur a déjà adopté des outils de pointe, avec notamment l'usage du satellite en cartographie des cultures, ou encore celui du GPS pour le guidage des engins agricoles, les exploitants et coopératives s'ouvrent depuis 2012 au drone civil, un vrai complément à forte valeur ajoutée aux technologies déjà existantes.

Avec 13 millions d'hectares de terres arables, dont 700 000 couverts par satellite, la France représente un marché considérable pour le drone qui va fournir des renseignements plus exacts: avec des images d'une résolution de quelques centimètres par pixel, le drone civil offre une évaluation plus précise de l'état des exploitations (croissance végétale, stress hydrique, carences en azote ou en minéraux, détection de maladies…). L'engin est aussi moins dépendant de la météo: volant à une hauteur de 150 mètres au maximum, le drone opère sous la barrière nuageuse, pour un rendu plus fiable. Enfin, il est plus versatile: les différents types de drones existant offrent la possibilité d'emporter plusieurs types de capteurs, permettant de réaliser une grande variété d'analyses sur différentes cultures.

Ainsi, l'opérateur de drones Redbird offre plusieurs applications à destination du monde agricole, afin de permettre aux exploitants de prendre les meilleures décisions pour la conduite de leur culture. Il propose par exemple le survol des exploitations et la prise de vue, via des capteurs intégrés aux drones, pour l'élaboration d'une «cartographie parcellaire» des champs survolés. A partir des images collectées, l'extraction de données et le calcul d'indices techniques tels que l'indice de brillance des sols, l'indice de végétation ou encore l'indice de stress hydrique. Puis l'analyse des données, permettant de définir un plan d'optimisation des intrants (engrais ou pesticides, irrigation) et une optimisation des récoltes (estimation des rendements, prévision des meilleurs moments pour récolter). Ces différents services ont pour objectif de faire réaliser aux exploitants des économies financières et environnementales et d'augmenter la qualité de leurs productions.


Analyse parcellaire d'un champ par drone réalisée par Redbird.

©Redbird

Des drones «ambulances»

Lors de catastrophes naturelles ou pour atteindre toute zone à risques, rien de mieux que le drone pour sauver des populations. Ces aéronefs sont maintenant envisagés pour acheminer des défibrilateurs jusqu'aux victimes d'accidents cardiaques.



Mesurer le littoral, prévoir les éboulements...

Des instituts d'études tels que le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) sont naturellement intéressés par les potentialités des drones. Leur usage ouvre en effet de nouvelles perspectives pour atteindre des zones difficilement accessibles, à moindre coût. Aussi cet organisme lance-t-il deux projets visant à mieux mesurer l'évolution côtière, avec des techniques de photographie aérienne embarquées à bord de drones.


©Redbird

Le projet intitulé Drone 2 Coast se concentre sur les milieux sableux, plages ou dunes. L'innovation en vue est d'améliorer le géoréférencement des images produites par le drone. Pour une précision suffisante sur ces applications, les méthodes actuelles nécessitent en effet un contrôle au sol, avec des points de repères trop peu nombreux ou contraignants à relever dans le cadre d'un suivi régulier.

L'idée est donc de s'en affranchir en adaptant des algorithmes spécifiques pour un bon positionnement des images obtenues, avec la détection automatique de repères propres à ces milieux. Tout en conservant une précision de l'ordre de 10 cm qui permet d'évaluer la dynamique sédimentaire et les mouvements de sable. L'enjeu est enfin d'obtenir un suivi côtier complet, sans perturber l'environnement, ce qui peut aussi être une difficulté avec des mesures au sol. Les tests doivent être menés dans le Languedoc-Roussillon. Le projet est conduit en partenariat avec la PME L'Avion jaune, spécialisée dans l'imagerie aérienne par drone et plus particulièrement dans les domaines agricoles, fluviatiles et forestiers.

De son côté, le projet dénommé Suave a aussi pour objet d'utiliser des capteurs photographiques embarqués sur drone, mais l'application est différente: il s'agit cette fois de surveiller des versants rocheux soumis aux éboulements. Le BRGM a mis au point une méthode probabiliste pour évaluer l'aléa d'éboulement propre à chaque versant. Cela signifie de pouvoir donner pour un site précis les chances qu'un éboulement de taille connue se produise dans un avenir plus ou moins proche. Alimentée avec des données acquises par un drone aérien, cette méthode débouchera sur un produit à coût sensiblement plus faible pour une meilleure exhaustivité que les mesures disponibles jusqu'à présent. La technique doit être testée sur le cas de la falaise de Mesnil Val (en Seine-Maritime).

L'objectif de Suave est de transférer vers une PME l'exploitation d'une méthode scientifique mature, fruit de plusieurs années de recherche menée au BRGM. Le partenaire Azur Drones, qui propose un service d'imagerie aérien, peut ainsi miser sur la plus-value d'une méthode précise, rapide d'exécution et économique pour inspecter les parois rocheuses surplombant les axes de communication et les agglomérations.

Record d'autonomie

En 2013, la société allemande Microdrone a réalisé un vol record avec son quadricoptère MD4-1000. Ce drone a volé en totale autonomie, pendant 25 minutes, à travers les Alpes, via le col du Saint-Gothard reliant la Suisse et l'Italie. Soit 12 kilomètres et 1.600m de variation de dénivelé, avec des conditions météorologiques difficiles.

Comment assurer la sécurité du trafic aérien?

Aujourd'hui, la France fait face à un challenge inédit dans le secteur du drone civil. Elle est le pays qui possède le plus d'opérateurs de drones en Europe et dans le monde. Plusieurs dizaines de nouveaux acteurs se lancent tous les mois sur ce marché. La question du partage de l'espace aérien avec les avions et les hélicoptères se pose donc avec de plus en plus d'acuité, le risque de collision en vol étant un exemple de frein au développement de l'activité. De plus, une bonne connaissance de l'espace aéronautique est nécessaire afin de pouvoir opérer des drones en toute sécurité.

Aussi la Fédération Professionnelle du Drone Civil et la société X-One Technology, éditeur du logiciel MACH 7, ont-ils annoncé la mise au point du logiciel «MACH 7 Drone», qui permet d'une part aux dronistes de préparer efficacement leurs vols, et d'autre part à l'aviation générale de visualiser en temps réel le trafic «drones» en France.

Né sur une idée initiale de l'opérateur industriel Redbird, ce logiciel a ensuite été développé par l'équipe de MACH 7 et bénéficie du soutien et de toute la connaissance métier de la FPDC qui le promeut et le déploie auprès de toute la communauté des «dronistes». *«Grâce à MACH 7 Drone, les opérateurs de drones vont enfin pouvoir préparer leurs vols de manière intuitive et efficace, en plus d'informer de leur activité. L'usage à grande échelle de Mach 7 Drone va contribuer à professionnaliser notre activité»*, explique Emmanuel de Maistre, Président de la FPDC. Régis de Lassus, dirigeant de MACH 7, ajoute: *«Mach 7 Drone est une approche nouvelle pour connaître le trafic aérien des drones et partager l'espace aérien de façon harmonieuse entre tous les usagers privés ou publics. Le but est de permettre un partage de l'information «présence de drone» pour mieux coordonner les différentes activités, et ce, sans rajouter de contraintes nouvelles ni de complexité par rapport aux règles en vigueur»*.


©Redbird

Nouvel exploit

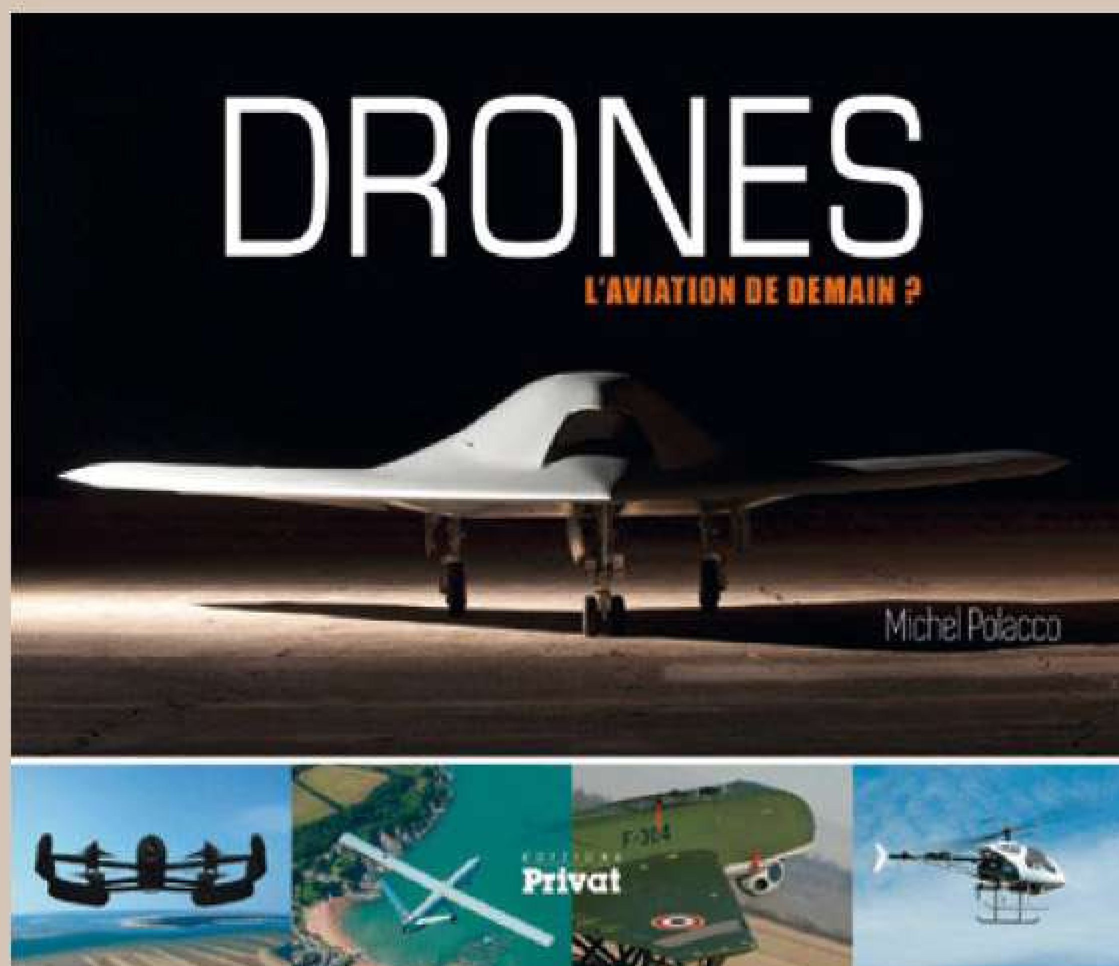
Pour la première fois, un drone est parvenu à se poser sur un véhicule en mouvement. Cet exploit a été accompli par une équipe de spécialistes en robotique de l'Université canadienne de Waterloo. La difficulté résidait dans le contrôle du véhicule terrestre et du drone pour une parfaite synchronisation.

Le logiciel «MACH 7 Drone», accessible en ligne gratuitement, a été adapté aux drones sur les bases du logiciel existant MACH 7 d'aide à la préparation et au suivi des vols VFR pour les pilotes d'avions, d'ULM et d'hélicoptères. Ce logiciel, plébiscité par le monde aéronautique lors de sa sortie à l'occasion du Bourget 2013, a la particularité unique d'être 100% intuitif et aucun mode d'emploi n'est nécessaire. Dans sa première version disponible en ligne sur le site uav.mach7.com, le logiciel permet au pilote de drone de préparer de manière simplifiée son plan de vol, intégrant sur la même carte l'ensemble des données nécessaires. Il dispose ainsi de nombreuses cartes interfacées (carte aéronautique, cartes satellites, carte IGN de grande précision, etc.), de même que toute l'information aéronautique, la météo et les zones d'exclusion des drones.

De nouveaux développements sont actuellement en cours permettant très prochainement: une préparation en 3D, le remplissage automatique des messages pour les demandes de dérogations, une version pour tablettes, et de nombreuses autres fonctionnalités. *«Nous voulons déployer «Mach 7 Drone» à l'échelle européenne dès que possible et le développer comme un véritable standard»* explique Régis de Lassus. *«La France, qui tient déjà une place de leader dans le marché des drones civils, doit poursuivre sa lancée pour être en avance dans la gestion du trafic aérien de ces aéronefs télépilotés»*.

Drones, l'aviation de demain?

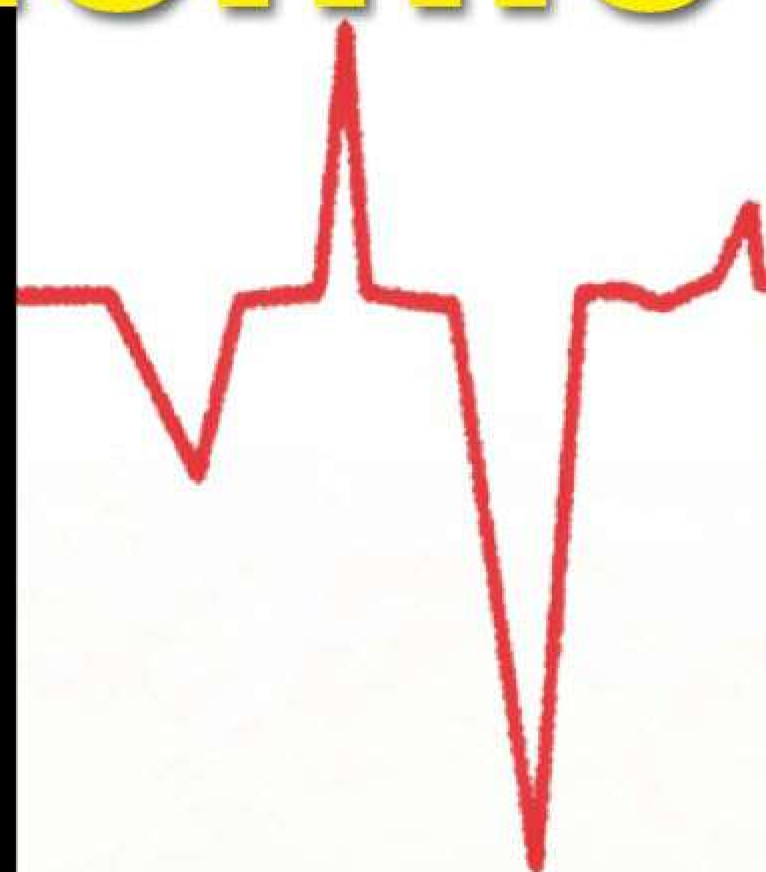
Journaliste, secrétaire général de l'information du groupe Radio France, Michel Polacco est un spécialiste des questions d'aéronautique. Il nous livre, dans cet ouvrage abondamment illustré, tout ce que nous devons savoir sur ces aéronefs pilotés à distance, qu'ils soient avions ou hélicoptères, qu'ils aient la taille d'une guêpe ou d'un Airbus. «*Au coeur de gigantesques projets militaires et civils, les drones seront-ils un jour les maîtres du ciel?*» interroge-t-il. «*Tout est imaginable, tout est à espérer ou à craindre*».



«Drones, l'aviation de demain?», par Michel Polacco - Editions Privat - Novembre 2014 - 143 pages - 34 €



Une épidémie



Première cause de mortalité dans le monde, les maladies cardiovasculaires tuent chaque année 147 000 Français.

Responsables de situations d'invalidité et de diminution de la qualité de vie, leur poids économique est considérable: elles sont à l'origine de 10% des séjours hospitaliers et constituent environ 30% des affections de longue durée prises en charge par la Caisse Nationale d'Assurance Maladie. Selon les prévisions de l'OMS, le nombre de morts des suites de maladies cardiovasculaires dans le monde pourrait atteindre 23,4 millions en 2030.

Face à ce constat alarmant, la Fédération Française de Cardiologie tirait dès 2009 la sonnette d'alarme en lançant une pétition «Pour un Plan Coeur». Aujourd'hui elle interpelle les pouvoirs publics sur l'urgence de la mise en place d'une stratégie nationale de lutte contre ces maladies.

mondiale



Tout se joue dans les 5 premières minutes!

«Avec en France 400 morts par jour, 2,2 millions de patients en affection longue durée, 20 millions de personnes à risque cardiovasculaire, 28 milliards d'euros de dépense annuelle, les maladies cardiovasculaires, qualifiées par l'OMS de prochaine «épidémie mondiale», n'ont pas la prise en charge qu'elles méritent» explique le Professeur Claude Le Feuvre, Président de la Fédération Francaise de Cardiologie.

«La lutte contre ces maladies se heurte à des difficultés majeures: l'inégalité entre les patients marquée par de fortes disparités sur le territoire; l'insuffisance de la prise en charge sociale de nombreux malades cardiaques; la recrudescence des maladies cardiovasculaires; les femmes, ces grandes oubliées pour lesquelles les maladies cardiovasculaires représentent la première cause de mortalité en France.»



Aussi la FFC a-t-elle présenté ses recommandations dans un Livre Blanc. Portée par 21 grandes organisations et réseaux de professionnels et plus de 500 000 patients, cette véritable feuille de route des actions à mener a été officiellement remise au Conseil économique, social et environnemental et aux différents ministères concernés. Nous vous livrons ici ses constatations et quelques-unes de ses préconisations.

Premier problème: quand un accident cardiovasculaire survient brutalement, la prise en charge rapide et efficace est obligatoire pour réduire le risque de décès, limiter les graves séquelles et favoriser la récupération des capacités le plus rapidement possible. On sait que chaque minute compte. Or l'appel du 15 n'est pas rentré dans les moeurs des Français malgré les nombreuses campagnes d'information et de sensibilisation. Moins de 50% des Français ont le réflexe de composer ce numéro en cas d'infarctus du myocarde. *«Pourtant, c'est dans les 5 premières minutes que se joue le pronostic. Savoir donner l'alerte est crucial pour permettre au patient d'accéder à la meilleure prise en charge»* rappelle le professeur Jacques Beaune, Président d'honneur de la FFC.

Sans prise en charge immédiate, plus de 90% des arrêts cardiaques sont fatals.

Quels sont les enjeux pour les trois grandes situations d'urgence en santé cardio-neuro-vasculaire? Pour la douleur thoracique (insuffisances coronaires aigües et infarctus du myocarde), 30% des personnes ayant fait un infarctus meurent avant d'avoir un premier contact médical. Les différentes sociétés savantes fixent à 30 minutes le premier contact médical, or, dans le meilleur des cas, le délai d'intervention médian se situe aux alentours d'une heure.

En ce qui concerne l'arrêt cardiaque, c'est dans les 5 premières minutes que se joue le pronostic. Enfin, lorsqu'il s'agit d'un accident vasculaire cérébral, le patient arrivé à l'hôpital doit être traité selon les recommandations en vigueur dans l'heure qui suit son admission. On estime aujourd'hui que pour améliorer la survie des malades sans séquelles, les délais intra-hospitaliers devraient être ramenés à 45 minutes, voire 30 minutes en incluant la réalisation du scanner cérébral.



Reconnaître les signes avant-coureurs

Pour mieux répondre à l'urgence, la FFC rappelle les trois actions essentielles: apprendre a reconnaître les signes avant-coureurs de l'accident cardiaque, avoir le réflexe d'appeler le numéro d'urgence, et apprendre les gestes qui sauvent pour optimiser les premiers secours.

Quand il s'agit d'un infarctus, la personne peut présenter dans les jours et les heures qui précèdent une douleur thoracique prolongée pouvant s'étendre jusqu'aux bras, une sensation d'oppression, de serrement, voire d'écrasement.

Attention! Chez la femme, les signes peuvent être différents: indigestion et ballonnements, douleur entre les omoplates, faiblesse inattendue, anxiété inhabituelle…





Pour l'arrêt cardiaque, celui-ci peut être précédé de palpitations anormales ou de malaise général. Faute de reconnaissance des signes avant-coureurs, le constat est alarmant: près de 40% des personnes atteintes de syndromes coronaires aigus ne sont pas hospitalisées et/ou décèdent avant l'hospitalisation. 30% des personnes ayant fait un infarctus meurent avant d'avoir un premier contact médical.

Les personnes qui souffrent de fortes douleurs thoraciques doivent avoir le réflexe d'appeler le 15 (SAMU), le 18 (Pompiers), ou le 112 (numéro d'urgence européen unique). Leur entourage ou tout autre témoin également.

Sans prise en charge immédiate, plus de 90% des arrêts cardiaques sont fatals. 7 fois sur 10, ils surviennent devant témoin, mais moins de 20% de ces témoins connaissent les gestes de premiers secours. Or, 4 victimes sur 5 qui survivent à un arrêt cardiaque ont bénéficié de ces gestes simples pratiqués par le premier témoin. Le taux de survie à un arrêt cardiaque en France est de 5%; il est 4 à 5 fois plus élevé dans les pays où les lieux publics sont équipés en défibrillateurs automatisés externes et où la population est formée aux gestes qui sauvent. Alors que 95% des Norvégiens ont été initiés aux gestes qui sauvent, les Français, dans leur grande majorité, ne les maîtrisent pas et sont démunis en cas d'accidents!



La FFC rappelle les 3 gestes pour sauver 1 vie:
- **Appeler le 15**
- **Effectuer un massage cardiaque**
- **Utiliser un défibrillateur.**

Si le tout premier acte est de prévenir les secours, cela ne suffit pas. Chaque minute qui passe avant leur arrivée, c'est 10% de chances de survie en moins, sauf si un témoin sait pratiquer «les gestes qui sauvent». *«Osez! Le pire est de ne rien faire... Chacun d'entre nous peut être confronté, à n'importe quel moment et n'importe où, à un arrêt cardiaque. Victime, proche d'une victime, témoin, l'arrêt cardiaque n'est pas forcément fatal. Notre coeur peut repartir s'il est pris en charge à temps. Ce sont des gestes simples qui ne nécessitent que trois heures de formation.»* rappelle le Professeur Claude Le Feuvre.

40 000 personnes décèdent chaque année de mort subite à cause d'une prise en charge trop tardive.

Parmi les préconisations de la FFC, l'instauration d'un numéro d'appel unique pour toutes les urgences médicales permettrait d'optimiser la complémentarité et la coordination des moyens entre les équipes du Samu et celles des pompiers selon le degré de l'urgence. Il serait nécessaire également de multiplier la présence de défibrillateurs automatisés externes dans les lieux publics et de développer la formation aux gestes qui sauvent dans les écoles.

Les femmes, ces grandes oubliées de la maladie cardiovasculaire

Les maladies cardiovasculaires constituent aujourd'hui la première cause de décès chez les femmes dans les pays industrialisés. En comparaison avec le cancer du sein, ces pathologies sont 8 fois plus meurtrières. En constante augmentation, elles touchent les femmes de plus en plus tôt. Cette situation s'explique par les modifications comportementales notamment l'alimentation, les facteurs psycho-sociaux, l'exposition au tabac mais aussi la négligence de certains facteurs de risque (diabète, étapes hormonales...) et un défaut de prise en charge manifeste.



Une consommation de 3 à 4 cigarettes par jour multiplie par 3 le risque relatif d'accident cardiovasculaire. Avant 50 ans, plus d'un infarctus sur deux chez la femme est lié au tabac.



Pour ralentir la prévalence de maladies cardiovasculaires chez les femmes, différentes actions peuvent être menées. Tout d'abord il faudrait optimiser le dépistage. En effet, les symptômes chez les femmes sont atypiques. C'est la raison pour laquelle ils ne sont pas bien dépistés par les professionnels de santé et négligés par les patientes elles-mêmes. L'asthénie, les difficultés à respirer, la fatigue générale ou à la marche, les troubles du sommeil ou de l'humeur, les douleurs digestives... ne sont pas perçus, chez la femme, comme des signes avant-coureurs d'une maladie cardiaque. Pour diagnostiquer une maladie cardiaque chez la femme, le Professeur Claire Mounier-Vehier, cardiologue, première Vice-Présidente de la FFC, alerte sur le fait que les femmes bénéficient de moins d'angiographie, moins d'électrocardiogramme d'effort, moins d'angioplastie, moins de pontage... Conséquence: une mortalité plus élevée chez les femmes que chez les hommes. Elle relève une différence de 7% entre les hommes et les femmes.

Aussi, pour répondre à ce déficit de prise en charge des femmes, le Professeur Mounier-Vehier vient-elle de mettre en place au CHRU de Lille un «Circuit coeur, artères et femmes» qui inaugure une structure médicale spécifique aux femmes reposant sur un partenariat cardiologue -gynécologue.

«Le choix de la première contraception, le suivi des grossesses, la pré-ménopause et la ménopause sont autant de bonnes occasions de veiller à la santé cardiaque des femmes» souligne le Professeur Mounier-Vehier. Les patientes concernées par une pathologie cardiaque devraient notamment consulter un cardiologue spécialisé dans le traitement des cardiopathies congénitales de l'adulte avant une conception.
Autre problème de taille: le nombre de femmes incluses dans les essais cliniques en cardiologie reste très limité: moins de 20% des cohortes. Cette sous-représentation est préjudiciable à la mise en oeuvre d'une prise en charge appropriée avec des traitements mieux adaptés.



Le diabète augmente le risque de mortalité cardiovasculaire de 3 à 7 fois chez les femmes contre 2 à 3 fois chez l'homme!

Le tabac en première ligne

Le tabagisme est vécu par la population surtout comme un facteur de risque de cancer du poumon. Le public doit prendre conscience qu'il est un fléau pour les pathologies cardio-vasculaires.

En effet, le tabagisme :

- est responsable de 25% des décès cardiovasculaires survenant avant 70 ans… première cause de mortalité cardiovasculaire évitable!

- est directement responsable de 70 a 80% des infarctus du myocarde des sujets de moins de 50 ans, tant hommes que femmes;

- en France, 25% des décès liés au tabagisme sont des décès cardiovasculaires (18000/73000). Ce chiffre monte à 30% chez les femmes (5000/14000);

- la seule tranche d'âge dans laquelle l'incidence des infarctus a augmenté entre 2002 et 2008 est celle des femmes de 35 à 55 ans, à rapprocher d'une augmentation de 7% de la prévalence du tabagisme dans cette même tranche d'âge entre 2005 et 2010 ;

- les jeunes de 10 à 15 ans (enquêtes de la FFC «Jamais la première») continuent à entrer en tabagisme de façon préoccupante. 7% de cette tranche d'âge sont des fumeurs réguliers, soit 260 000 jeunes fumeurs qui seront les fumeurs adultes de demain !

Un suivi à vie... pas très suivi



Le suivi, la réadaptation cardiaque et l'éducation thérapeutique sont les «services après-vente» suite à un incident cardiaque, une opération de chirurgie cardiaque, la pose d'un stent (angioplastie), un infarctus, un AVC ou une maladie cardiaque chronique. Ils sont indissociables. La compréhension et la bonne observance des traitements prescrits, l'adhésion à un nouveau mode de vie nécessitant une alimentation plus équilibrée, une hygiène de vie et la pratique d'une activité physique régulière… sont en effet essentielles pour améliorer le pronostic et réduire les risques de récurrence, d'aggravation ou de complication. Cependant, de nombreux freins ont été identifiés qui nuisent à la bonne marche d'une prise en charge au long cours.

Tout d'abord les personnels de réadaptation sont peu nombreux et en mal de reconnaissance. Plus inquiétants, les statistiques de démographie médicale 2010-2030 montrent une perte à venir des effectifs de l'ordre de 40%. De plus, l'offre est inégalement répartie et insuffisante sur le territoire français. *«L'accès à la réadaptation est à la fois insuffisant et inégal en France»* déplore le Professeur Hervé Douard, cardiologue, Vice-Président de la FFC. *«Il y a à peine plus d'une centaine de centres de réadaptation sur tout le territoire»*.



Chez les patients qui ont fait un infarctus, 40% ont arrêté tout ou partie du traitement, multipliant par deux leur risque de mortalité.



Les études récentes montrent les disparités géographiques de la réadaptation cardiaque. On constate également une inégalité d'accès en fonction de l'âge et du sexe avec des taux plus faibles pour les femmes et les patients âgés. «*L'offre actuelle comprend: le secteur des soins de suite et de réadaptation (SSR) réservé à la phase 2 (post accidents cardio-vasculaires aigus), les 200 «Clubs coeur et santé» de la Fédération Française de Cardiologie qui ne demandent qu'à s'accroître, et quelques initiatives éparses d'associations de patients. C'est insuffisant!*» précise le Pr Douard.

La réadaptation reste le parent pauvre de la santé cardio-neuro-vasculaire. Informer les patients, les motiver sans relâche, c'est le rôle des professionnels, des pouvoirs publics et des associations de patients. Or les moyens ne suivent pas. «*Ce travail d'information et de motivation est crucial parce que les patients n'ont pas conscience de l'importance du suivi, de la réadaptation et de l'éducation thérapeutique. Ils peuvent aussi se décourager, renoncer ou oublier la maladie qui les a atteint et qui peut, faute de vigilance, se réveiller et faire plus mal encore*», explique le Pr Douard.

La Chaîne médicale qui va du SAMU au médecin de ville ne doit pas être rompue. Elle l'est encore trop souvent par les patients défavorisés, les plus âgés, les femmes et les jeunes. Cette rupture est préjudiciable à l'observance des traitements et au suivi des conseils d'hygiène de vie.

A Paris et en région Ile de France (CHU, centres publics et privés), il n'y a que 34% des patients qui vont dans les centres de réadaptation après une chirurgie cardiaque, presque les deux tiers retournent directement chez eux. Après une angioplastie, ils sont seulement 6% et, après un infarctus, 8% à être suivis dans un centre de réadaptation! Sur l'ensemble du territoire, on estime à 25% le nombre de patients qui bénéficient d'une réadaptation, notamment dans le post-infarctus.

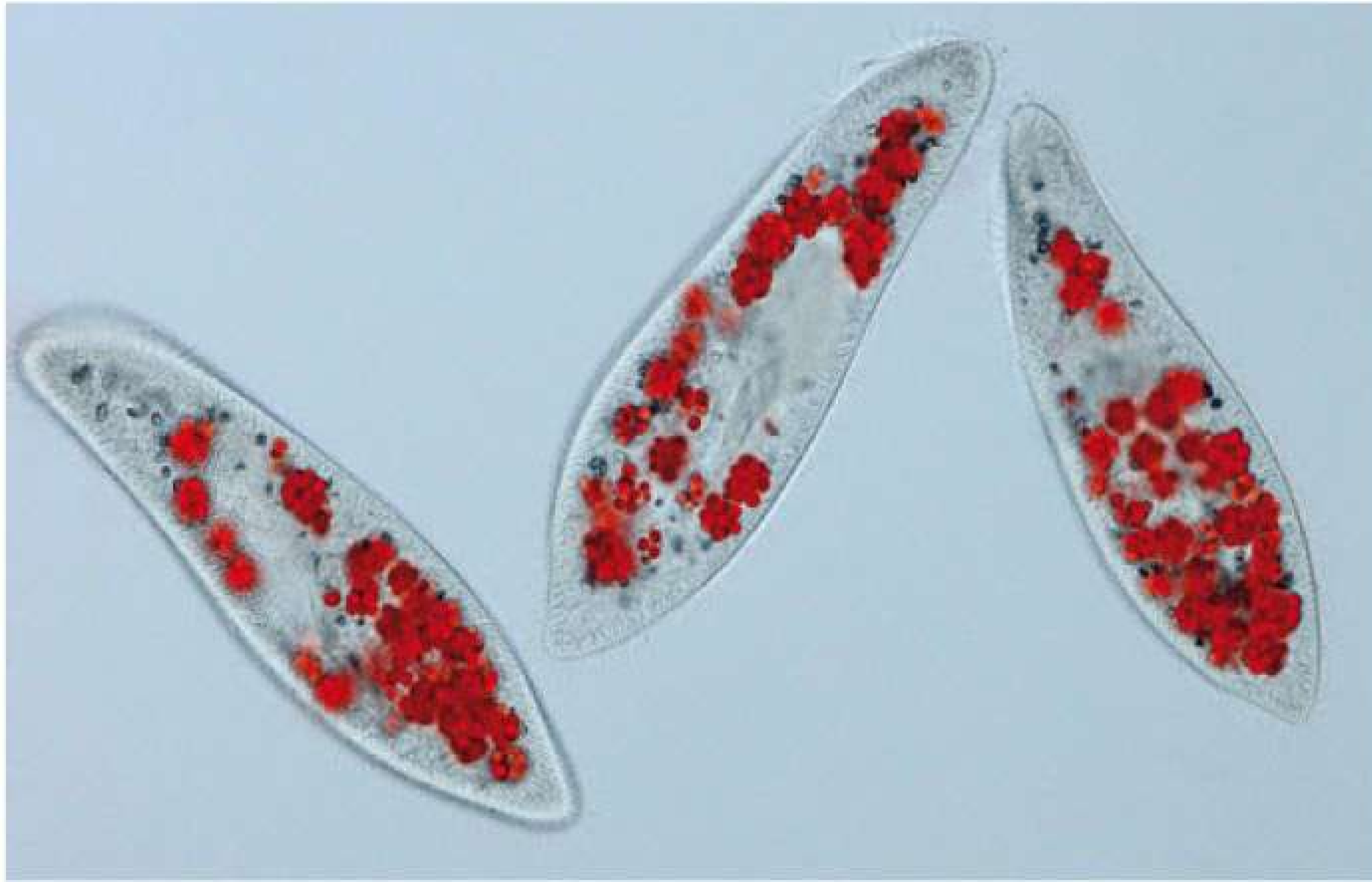
Quant aux patients qui ont suivi une réadaptation, 80% d'entre eux abandonnent l'activité physique dans l'année qui suit cette prise en charge.





Pour mieux reconnaître les symptômes et apprendre les gestes appropriés, la FFC propose une brochure et un dépliant de poche, «Les gestes qui sauvent», téléchargeables gratuitement sur son site : www.fedecardio.org.

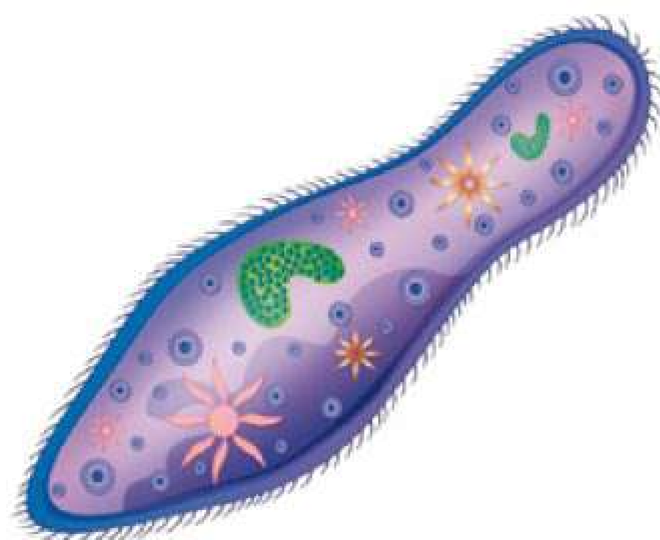
On a découvert une nouvelle forme d'hérédité



Chez certains organismes, les types sexuels se transmettent de génération en génération par un mécanisme inattendu. Ils ne sont pas déterminés par la séquence du génome, mais par de petites séquences d'ARN, transmises par le cytoplasme maternel. Celles-ci inactivent spécifiquement certains gènes au cours du développement.

Ainsi, une paramécie peut acquérir un type sexuel nouveau et le transmettre à sa descendance sans qu'aucune modification génétique ne soit impliquée. Cette découverte pointe un nouveau mécanisme sur lequel peut jouer la sélection naturelle et qui permet donc l'évolution des espèces.

Les paramécies, organismes unicellulaires eucaryotes, sont hermaphrodites: lors de leur reproduction sexuelle, appelée conjugaison, les partenaires s'échangent réciproquement du matériel génétique. Les paramécies présentent néanmoins deux 'types sexuels', appelés E et O. La conjugaison ne peut avoir lieu qu'entre types sexuels différents.

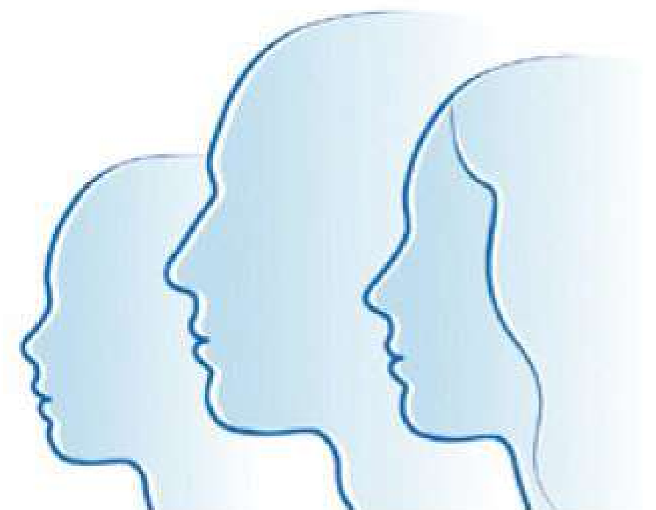


Dès les années 1940, des chercheurs avaient remarqué que le type sexuel ne se transmettait pas à la descendance en suivant les lois de Mendel: un nouveau type de transmission des caractères, ne dépendant pas des chromosomes, devait être à l'œuvre. Cependant, ils n'avaient pas réussi à l'élucider.

Aujourd'hui, une équipe de l'Institut de biologie de l'Ecole normale supérieure (CNRS/ENS/Inserm), au sein d'une collaboration internationale, vient de décrire le mécanisme de cette hérédité alternative. Pour cela, ils ont d'abord montré que la différence entre les types sexuels E et O tient à une protéine transmembranaire appelée mtA. Bien que le gène qui la code soit présent chez les deux types sexuels, il ne s'exprime que chez les individus E. Les chercheurs ont ensuite montré le mécanisme par lequel, chez le type O, ce gène est inactivé.

Les paramécies possèdent deux noyaux: un micronoyau germinal qui est transmis lors de la reproduction sexuelle et un macronoyau somatique, issu de ce dernier, où s'expriment les gènes de la cellule. Le mécanisme de transmission des types sexuels se base sur de petits ARN, appelés scnARN, qui sont produits durant la méiose. La fonction originelle de ces ARN est d'éliminer du macronoyau toute une série de séquences génétiques, appelées éléments transposables, qui, à la manière des introns*, se sont introduits à l'intérieur des gènes au cours de l'évolution. Dans un premier temps, les scnARN scannent le macronoyau maternel afin d'identifier les séquences qui avaient été éliminées à la génération précédente, puis effectuent les mêmes réarrangements dans le nouveau macronoyau. Or, de façon inattendue, ce mécanisme de «nettoyage» du génome permet aussi à la cellule de mettre sous silence des gènes fonctionnels. Chez l'espèce Paramecium tetraurelia, chez les individus de type O, les scnARN éliminent le promoteur du gène mtA, ce qui annule son expression. Ainsi, c'est par le biais des scnARN hérités avec le cytoplasme maternel, et non d'une séquence génétique particulière, que le type sexuel de la paramécie est défini.

Ce processus de mise sous silence peut a priori toucher n'importe quel gène. Les paramécies peuvent donc, en théorie, transmettre à leur descendance sexuelle une infinie variété de versions du génome macronucléaire à partir du même génome germinal. Comme pour l'hérédité génétique, ce mécanisme peut conduire à des erreurs qui, de temps en temps, peuvent apporter à la descendance un avantage sélectif. Autrement dit, le génome du macronoyau somatique de la paramécie pourrait évoluer en continu et permettre, dans certains cas, une adaptation à court terme aux changements de conditions environnementales. Ceci, sans que des mutations génétiques soient impliquées. Cette forme d'hérédité offrirait ainsi un levier d'action encore insoupçonné à la sélection naturelle.



**Portions de la séquence des gènes, souvent non-codantes, qui doivent être retirées pour que la séquence soit fonctionnelle.*

Le pavage unique au monde qui purifie l'air

Véritable révolution en matière de revêtement urbain, les dalles ecoGranic, distribuées en France par Urbatp, certifiées pour leurs propriétés dépolluantes et autonettoyantes, purifient l'air des villes en réduisant jusqu'à 80% des gaz polluants. Alors que près de 42 000 décès par an en France sont liés à la pollution atmosphérique, ce nouveau procédé apparaît comme une innovation décisive dans la lutte contre la pollution citadine et la protection de la santé publique.



©DR

Cette dalle présente une base en béton haute résistance composée d'agrégats de granit, de silice ou de basalte et contenant jusqu'à 30% de matériaux recyclés. La couche supérieure intègre un puissant catalyseur qui s'active en présence de lumière naturelle et artificielle et fonctionne par procédé d'oxydation naturelle proche de la photosynthèse des plantes. Ce catalyseur transforme les gaz polluants (oxyde d'azote et autres particules fines) en produits non toxiques pour la santé humaine et sans impact sur l'environnement.
Les capacités de dépollution sont telles que si la surface d'un terrain de football était recouverte des dalles ecoGranic, cela permettrait d'éliminer la pollution générée par plus de 4000 véhicules par an.

Fruit de 5 années de recherche et développement en laboratoire, cette innovation brevetée constitue aujourd'hui le premier et seul revêtement au monde capable d'éliminer significativement les gaz polluants, émis par la circulation des voitures et les usines. Divers essais en laboratoires et études de terrains montrent une efficacité de dépollution des chaussées pouvant aller jusqu'à 80% dans la dégradation de l'oxyde d'azote, ainsi qu'une réduction massive des composants organiques volatiles: jusqu'à 75% des particules fines à l'origine d'infections cancéreuses, empoisonnement et autres allergies sont éliminés.
EcoGranic repousse également la saleté et permet ainsi de conserver ses qualités esthétiques sans besoin d'intervention particulière. Tâches d'usure quotidienne, de graisse ou encore d'huile s'estompent avec le temps et disparaissent totalement deux ou trois mois plus tard.



Empêcher les microbes de faire du stop vers l'espace

Alors que les astronautes rêvent peut être de découvrir une forme de vie inconnue lors de leur carrière, les chargés de protection planétaire supervisent des activités qui atteignent régulièrement cet objectif.

Dans le cadre des efforts faits par l'ESA (Agence spatiale européenne) pour empêcher des microbes de faire de «l'auto-stop» sur des missions vers d'autres planètes ou lunes de notre Système Solaire, des équipes parcourent régulièrement les salles blanches et les ensembles de lancement à la recherche de microbes qui y auraient élu domicile.



Les sites où sont préparés certains types de matériels spatiaux font partie des endroits les plus propres sur Terre, plus propres que la salle d'opération d'un hôpital standard grâce au système de filtration d'air, à l'application de procédures rigoureuses de propreté, et au fait que les travailleurs pénètrent dans ces salles blanches – où le fardeau biologique est contrôlé – via une douche à air et restent entièrement enveloppés dans leurs «costumes de lapin».

«Nous avons comme programme à long terme à l'ESA – à la NASA également – de surveiller régulièrement la contamination biologique dans les salles blanches et sur certains types de véhicules spatiaux, et de l'évaluer», explique Gerhard Kminek, chargé de protection planétaire à l'ESA. *«Le but est de quantifier la quantité de contamination biologique, de déterminer sa diversité au moyen d'un séquençage génétique, et de fournir un stockage à froid et sur le long terme des échantillons sélectionnés.»*

Les échantillons sont obtenus de manières diverses : des échantillonneurs d'air récoltent une certaine quantité d'air sur un filtre, tandis que des lingettes humidifiées avec de l'eau ultra pure sont passées sur le matériel spatial et sur les surfaces de la salle blanche. Des écouvillons sont utilisés pour échantillonner les plus petits objets, comme les charges utiles et les éléments électroniques.

Toute forme de vie suffisamment robuste pour endurer l'environnement hostile et en grande partie dénué d'éléments nutritifs d'une salle blanche peut potentiellement, en soi, intéresser la science. Des investigations supplémentaires sont donc activement encouragées.

En novembre dernier, cette initiative a fait les gros titres des journaux car un nouveau type de bactérie avait été découvert.Tout d'abord en 2007, lors de la préparation au lancement de l'atterrisseur Mars Phoenix dans le Bâtiment des opérations de maintenance dangereuses du Centre spatial Kennedy de la NASA. Cette bactérie a également été identifiée plus tard, en 2009, dans le Bâtiment d'assemblage final au Centre spatial de Kourou lors de la campagne de lancement des observatoires Herschel et Planck.

Baptisée Tersicoccus phoenicis, la nouvelle bactérie est en fait très différente d'espèces existantes: il ne s'agit pas seulement d'une nouvelle espèce, mais d'un nouveau genre – la catégorie taxonomique au-dessus – et a pour l'instant été isolée uniquement dans des salles blanches.

Mais du côté de l'Agence, l'intérêt principal d'un point de vue opérations est de connaître l'étendue du fardeau biologique plutôt que d'identifier les microbes qui le composent.



Une super Lune



©Crédit NASA/Bill Ingalls

Le 10 août dernier, la Lune était entièrement visible. Ce phénomène de super Lune se produit lorsque l'orbite de notre satellite est au plus proche de la Terre (à son périgée) et que la Lune est pleine.

Le cerveau des hommes fossiles mieux compris

Une équipe composée de paléoanthropologues spécialistes de l'évolution du cerveau, impliquant le CNRS, le Muséum national d'Histoire naturelle, Inria, l'université de Columbia (New York, USA) et le Musée Royal de l'Afrique Centrale de Tervuren (Belgique), a mené une analyse comparative chez les Hommes actuels, les grands singes africains et des Hommes fossiles.

L'étude démontre un même type d'asymétrie d'une zone impliquée dans le langage, l'aire de Broca, chez les bonobos, les Hommes actuels et les homininés fossiles. Ceci indique que le dernier ancêtre commun aux grands singes africains et aux Hommes actuels avait aussi un cerveau asymétrique, et modifie notre compréhension des capacités cognitives des Hommes préhistoriques.



Les asymétries du cerveau humain suscitent l'intérêt des scientifiques depuis 150 ans en raison de leurs possibles relations avec la latéralisation manuelle, le langage et les capacités cognitives. L'aire de Broca a d'ailleurs été la première à être reconnue comme une aire fonctionnelle liée au langage par Paul Broca dans les années 1860. Il n'est évidemment pas possible d'effectuer des analyses fonctionnelles sur les Hommes fossiles, ni d'étudier l'intérieur du cerveau. Par ailleurs, les endocrânes * sont difficiles à étudier et surtout à mesurer. En particulier, la troisième circonvolution frontale, où se situe l'aire de Broca, n'avait jamais pu être quantifiée auparavant chez les Hommes préhistoriques.

Une fois quantifiées, ces asymétries neuroanatomiques montrent un schéma différent de ce qui était auparavant décrit sur la base de données qualitatives. Les résultats invalident ainsi la discontinuité reconnue entre les grands singes et les homininés**, puisque des asymétries de forme sont présentes chez les bonobos, avec un schéma similaire à celui des Hommes actuels. Les chimpanzés (Pan troglodytes) sont différents des bonobos (Pan paniscus) et des homininés. Surtout, nous observons une augmentation de la taille de la troisième circonvolution frontale entre les grands singes et l'Homme, ainsi qu'au cours de l'évolution humaine. Cette zone est en fait plus étendue sur le côté droit du cerveau et plus compacte du côté gauche, donnant l'impression d'un relief plus marqué à gauche de «l'aire de Broca».

Ces résultats montrent que chimpanzés et bonobos ont des différences de schéma d'asymétrie au niveau de la troisième circonvolution frontale. Le schéma observé chez les bonobos est aussi celui des homininés, indiquant la présence de ce type d'asymétrie depuis très longtemps au cours de l'évolution des primates, au moins depuis le dernier ancêtre commun des bonobos et des Hommes. La particularité des chimpanzés indique probablement une évolution propre et illustre la plasticité du cerveau.

Le même type d'asymétrie de «l'aire de Broca» observée chez tous les homininés et les bonobos, ainsi qu'une augmentation de la taille de cette zone au cours de l'évolution humaine, ne permet évidemment de faire des hypothèses sur la présence du langage chez les hommes fossiles uniquement en se basant sur la forme du cerveau. Toutefois, cette étude révèle que la latéralisation du cerveau au niveau des lobes frontaux, qui semble être un caractère essentiel pour l'apparition du langage, est probablement présente chez tous les homininés.

**L'endocrâne correspond à l'ensemble des empreintes laissées par l'encéphale et ses enveloppes méningées sur la surface interne du crâne, et constitue ainsi le seul matériel disponible pour étudier la forme du cerveau, qui ne se conserve pas, chez les homininés fossiles.*

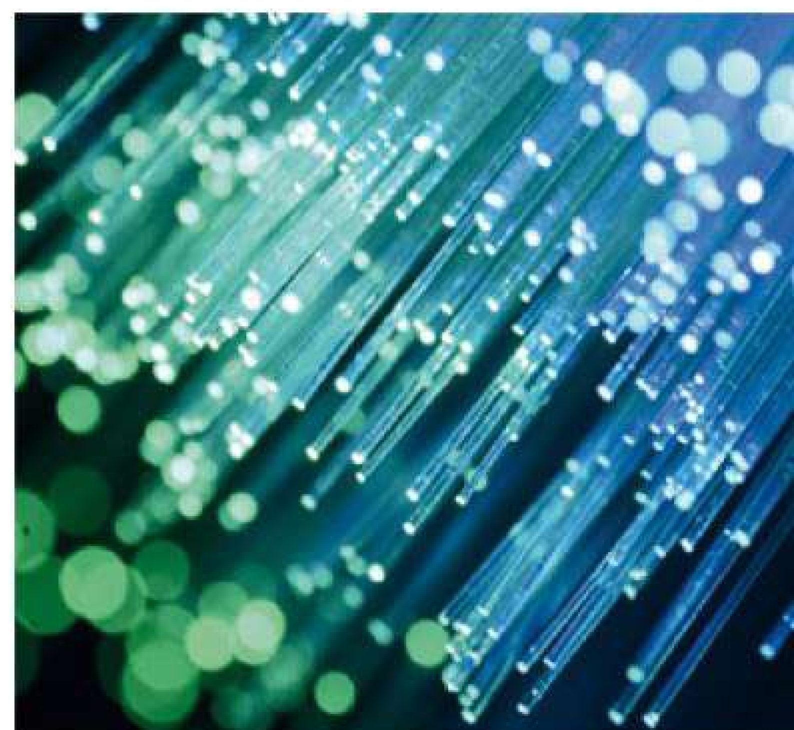
***Les homininés regroupent tous les Hommes préhistoriques et actuels et ont comme caractéristique commune la bipédie. Les hominidés réunissent les homininés et les grands singes (chimpanzés, bonobos, gorilles et orang-outans).*

Un câble optique transpacifique entre le Japon et les Etats-Unis

La compagnie Google prévoit d'installer un câble optique transpacifique entre le Japon et les Etats-Unis pour un coût de 300 millions de dollars. L'opération sera effectuée avec l'entreprise japonaise KDDI et d'autres entreprises de télécommunications de Chine et de Singapour.

Le câble sera prêt à l'utilisation pour l'été 2016 et permettra d'augmenter la capacité de transmission entre le Japon et les Etats-Unis de 300%, soit à 80 térabits par seconde. Cette capacité de transmission permettra à 7,5 millions de personnes de regarder des vidéos en haute définition simultanément. Le câble, d'environ 9000 km, a pour objectif de répondre à la demande de plus en plus importante de capacités en matière de télécommunications de la part de l'Asie, dû au nombre grandissant d'utilisateurs de smartphones dans la région.

Ce projet, dans lequel le Japon joue le rôle de relai entre l'Asie et l'Amérique du Nord, permettra d'installer un réseau de télécommunication entre la côte ouest des Etats-Unis et le centre de KDDI situé dans la préfecture de Chiba. Le réseau s'étendra également aux autres pays d'Asie. *(Source: ADIT)*



La nutrition humaine menacée par l'augmentation du CO2 dans l'atmosphère

Le zinc et le fer sont deux éléments nutritifs essentiels pour une bonne santé. Ils sont notamment fournis par des plantes cultivées comme le blé. Des chercheurs de l'Université de Ben Gourion du Néguev (Israël) ont montré que l'augmentation des taux de dioxyde de carbone (CO2) dans l'atmosphère fait diminuer de façon dramatique la quantité de zinc et de fer contenue dans ces plantes, menaçant directement la nutrition de nombreuses populations dans le monde.

Autre phénomène inquiétant : l'étude montre que le taux de phytate diminue de façon significative dans le blé. Or, le phytate est une molécule importante, qui conditionne l'absorption du zinc par l'intestin lors de la digestion.





Etant donné que les taux de CO2 sont appelés à augmenter de manière significative (et ce, même si des changements réels sont opérés dans les prochaines années au niveau des politiques environnementales), les carences en fer, zinc et protéines risquent de causer un désastre humanitaire.

Néanmoins, un espoir subsiste car les analyses concernant les champs de riz ont montré une grande variabilité entre les échantillons, suggérant qu'il existe certains génotypes moins sensibles à l'augmentation de CO2 que d'autres. Ces plants peuvent servir de base pour créer des cultures plus résistantes et tenter d'éviter ainsi les risques de malnutrition. Hélas, le choix des cultures dépend de nombreux facteurs comme la disponibilité des semences ou leur coût, ainsi que sur le goût des populations et leur tradition agricole. *(Source: ADIT)*

Notre super-continent de galaxies: le Laniakea

Une équipe de recherche internationale, dont l'astrophysicienne Hélène Courtois de l'Institut de physique nucléaire de Lyon (Université Claude Bernard Lyon 1 / CNRS) et l'ingénieur-chercheur Daniel Pomarède du CEA-Irfu, vient de réaliser une découverte extraordinaire: les frontières du continent de galaxies dans lequel nous vivons.

Dans l'Univers, les galaxies sont localisées dans des groupes ou amas, et se déplacent en suivant des «courants», le long de filaments délimitant de grandes régions connues sous le nom de «vides». Les régions étendues, avec une haute concentration de galaxies, comme celle dans laquelle nous vivons, sont appelées des «superamas».

Pour la première fois, les chercheurs proposent une définition dynamique de notre superamas de galaxies, évoquant la notion de «bassin versant» en hydrologie. En effet, il leur a été possible de délimiter un volume cosmique dans lequel circulent des «courants de galaxies», comme des cours d'eau dans des ravines. D'un diamètre de 500 millions d'années-lumière, ce «continent extragalactique» contient une masse d'environ 100 millions de milliards de fois la masse du Soleil.

Les chercheurs lui ont donné le nom hawaïen Laniakea, accepté par l'Union Astronomique Internationale. Tels les explorateurs dessinant les premières cartes terrestres et maritimes, chacun peut désormais visualiser sur le web une définition dynamique du territoire de notre Superamas. Ce nom signifie «horizons célestes immenses», en hommage à Hawaï, pays de navigateurs aux étoiles qui abrite quelques-uns des plus grands télescopes du monde, utilisés pour cette découverte et celles qui suivront. Car nos cosmographes découvreurs commencent maintenant l'exploration des continents voisins.

Cette recherche met un point final aux questionnements sur le «Grand Attracteur», qui duraient



depuis 30 ans: les chercheurs montrent que cette région qui semblait attirer toutes les galaxies voisines, sans paraître pourtant plus dense, apparaît en réalité aujourd'hui comme un large vallon où se déverse la matière, un peu comme le point le plus bas d'une large baignoire plate. L'étude montre par ailleurs que notre continent extragalactique contient environ 100 000 grosses galaxies comme la nôtre et 1 million de plus petites.

Suite à un séisme géant, quel risque d'éruption volcanique?



Des chercheurs de l'Institut des sciences de la Terre et de l'Institut de physique du globe de Paris, en collaboration avec des chercheurs japonais, ont observé, pour la première fois, la réponse des volcans japonais aux ondes sismiques émises lors du séisme géant de Tohoku-oki en 2011.

Les chercheurs ont analysé plus de 70 téraoctets de données sismiques. Ils ont alors montré pour la première fois que les zones où les perturbations de l'écorce terrestre étaient les plus importantes ne correspondaient pas à celles où les secousses ont été les plus fortes. Elles étaient, en effet, localisées sous les régions volcaniques, en particulier sous le Mont Fuji.

Cette étude a donc permis aux chercheurs d'observer les anomalies causées par les perturbations du séisme dans les régions volcaniques sous pression. Le Mont Fuji, qui montre l'anomalie la plus élevée, est probablement soumis à un état de pression important bien qu'aucune éruption n'ait encore eu lieu à la suite du séisme de Tohoku-oki. Le séisme de magnitude 6.4, qui s'y est produit quatre jours après le séisme de 2011, confirme l'état critique, en termes de pression, de ce volcan. Ces résultats vont dans le sens des théories selon lesquelles la dernière éruption du Mont Fuji en 1707 ait été très probablement déclenchée par le séisme géant de Hoei de magnitude 8.7 qui s'est produit 49 jours avant l'éruption. Ils permettent d'améliorer l'estimation du risque d'éruptions volcaniques majeures à travers le monde.

HESS-II, le plus grand observatoire gamma au monde, détecte son premier pulsar

Installé en Namibie, l'observatoire HESS-II vient de détecter des milliers de rayons gamma en provenance du pulsar Vela, situé à environ 1 000 années-lumière de la Terre dans la Voie Lactée. Grâce à un nouveau télescope géant, il a ainsi repéré son premier pulsar, une étoile à neutrons qui correspond au cœur effondré d'une étoile massive après son explosion en supernova. Il s'agit du second, après celui du Crabe en 2008, à avoir été décelé par un télescope gamma au sol. Ces premiers résultats issus de la collaboration H.E.S.S., à laquelle contribuent le CNRS et le CEA, augurent la possibilité d'explorer et de dévoiler de nombreuses sources cosmiques de rayons gamma (trous noirs supermassifs, amas de galaxies, supernovae, étoiles doubles et pulsars en particulier) dans un nouveau domaine en énergie.

Comment le cerveau reconnaît les odeurs

Comment aboutir à une représentation de l'environnement extérieur à partir de la perception des sens ? Comment, par exemple, les informations olfactives liées à la nourriture ou aux parfums sont-elles traitées par le cerveau? Si l'organisation du système olfactif est bien connue – elle est semblable des insectes jusqu'aux mammifères – son fonctionnement est encore peu compris.

Pour répondre à ces questions, l'équipe de Mickaël Tanter de l'Institut Langevin (CNRS/Inserm/ESPCI ParisTech/UPMC/Université Paris Diderot), et celle de Hirac Gurden du laboratoire Imagerie et modélisation en neurobiologie et cancérologie (CNRS/Université Paris-Sud/Université Paris Diderot), se sont donc intéressées à deux structures cérébrales qui constituent des relais majeurs pour l'olfaction: le bulbe olfactif et le cortex piriforme. Chez le rat, le bulbe olfactif se situe entre les deux yeux, juste derrière l'os du nez. Le cortex piriforme est par contre une structure beaucoup plus profonde du cerveau des rongeurs dont aucune image fonctionnelle n'avait pu être enregistrée chez un animal vivant jusqu'à présent.



La technique d'imagerie neurofonctionnelle par ultrasons développée par l'équipe de Mickaël Tanter, baptisée fUS (functional Ultrasound), a permis de suivre l'activité neuronale du cortex piriforme. Elle est basée sur l'envoi d'ondes planes ultrasonores dans les tissus cérébraux. Les échos renvoyés par les structures traversées par ces ondes permettent, après traitement des données, d'obtenir des images ayant une résolution spatiotemporelle inégalée: 80 micromètres et quelques dizaines de millisecondes.

Le contraste obtenu sur ces images est lié aux variations du flux sanguin dans le cerveau. En effet, l'activité des cellules nerveuses nécessite un apport en énergie: elle est donc couplée à un afflux de sang dans la zone concernée. En enregistrant les variations de volume dans les vaisseaux sanguins qui alimentent les différentes structures cérébrales, il est ainsi possible de connaître la localisation des neurones activés.

Plusieurs techniques d'imagerie, comme l'IRM, s'appuient déjà sur le lien entre volume sanguin et activité neuronale. Mais fUS est avantageuse en terme de coût, de maniabilité et de résolution. De plus, elle donne un accès facilité aux structures les plus profondes, situées plusieurs centimètres sous la boîte crânienne.

Les enregistrements effectués par cette technique dans l'équipe de Hirac Gurden ont permis d'observer la répartition spatiale de l'activité dans le bulbe olfactif. Lorsqu'une odeur est perçue, on observe une augmentation du volume sanguin dans des zones bien définies: à chaque odeur correspond une carte spécifique de neurones sollicités. Au-delà de ce résultat, les images révèlent aussi, pour la première fois, l'absence de cette



répartition spatiale dans le cortex piriforme. A ce niveau, deux odeurs différentes entraînent la même activation de l'ensemble de la zone.

Les mécanismes cellulaires responsables de la disparition de la signature spatiale ne sont pas encore bien définis mais ce résultat permet déjà de formuler plusieurs hypothèses. Le cortex piriforme pourrait être une structure qui ne sert pas seulement à traiter les stimuli olfactifs mais plutôt à intégrer plusieurs types d'informations et à les mémoriser. Se détacher des cartographies strictes associées à chaque odeur permettrait de faire des associations et d'aboutir à un concept global. Par exemple, à partir de la perception de centaines de molécules odorantes contenues dans le café, le cortex piriforme permettrait de reconnaître une unique odeur: celle du café.

Ces travaux ouvrent de nouvelles perspectives pour l'imagerie et pour la neurobiologie. Les chercheurs vont maintenant s'intéresser à l'effet de l'apprentissage sur l'activité du cortex afin de mieux comprendre son rôle et les spécificités du système olfactif.

Un avion à propulsion électrique



© NASA Langley/David C. Bowman

Présenté aux Etats-Unis en août dernier lors de la Journée nationale de l'Aviation, le GL-10 Greased Lightning, conçu par les ingénieurs de la NASA, possède des moteurs électriques lui permettant de décoller comme un hélicoptère et de voler comme un avion. Une révolution dans les transports aériens!

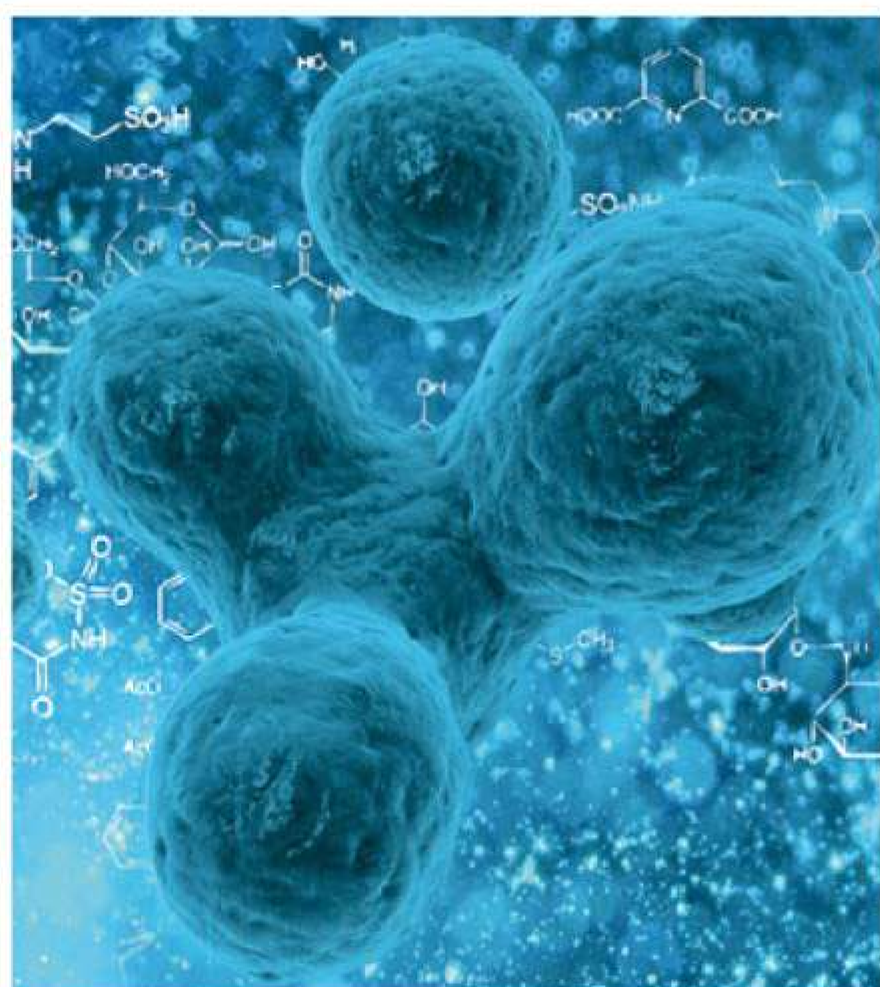
De la cellule rectale au neurone : les clés de la transdifférenciation

Comment une cellule spécialisée peut-elle changer d'identité ? Ce processus reconnu pourrait être impliqué dans la régénération de tissus ou d'organes chez les vertébrés, et constitue une piste prometteuse pour la médecine régénérative.



Notre organisme est constitué de cellules ayant acquis des caractéristiques au cours du développement et remplissant une fonction précise au sein de chaque organe: on parle de cellules différenciées. En règle générale, les cellules maintiennent leur spécificité jusqu'à leur mort, mais il a été prouvé que certaines cellules peuvent changer d'état et acquérir de nouvelles fonctions, un phénomène rare mais retrouvé dans de nombreuses espèces dit de «transdifférenciation».

Une équipe de l'Institut de génétique et de biologie moléculaire et cellulaire (CNRS/Inserm/Université de Strasbourg) s'est intéressée à un exemple naturel et 100% efficace de ce phénomène. Elle a étudié ce processus chez C. elegans, un petit ver transparent, où une cellule rectale se transforme naturellement en moto-neurone. Ce passage d'un type cellulaire à un autre se fait sans division cellulaire et par une succession d'étapes bien définies qui aboutissent toujours au même résultat. Les chercheurs se sont intéressés aux facteurs qui rendent le processus de conversion aussi stable.



L'équipe avait déjà élucidé le rôle de plusieurs facteurs de transcription (les protéines nécessaires pour le passage de l'ADN en ARN) dans cette transdifférenciation. Mais ces nouveaux résultats ont mis en évidence le rôle d'acteurs dits «épigénétiques», c'est-à-dire capables de moduler l'expression des gènes. Deux complexes protéiques interviennent ainsi dans le mécanisme. Ces enzymes agissent sur une histone (une protéine du noyau autour de laquelle l'ADN s'enroule), et lorsqu'une mutation altère leur action, la transdifférenciation est interrompue et la cellule rectale ne se transforme plus en neurone.

Les chercheurs ont observé que les deux complexes agissent à des étapes différentes et que leur rôle peut évoluer en fonction des facteurs de transcription auxquels ils sont associés. Ces résultats soulignent l'importance du bon enchaînement des actions de chacune de ces molécules: l'aspect dynamique du mécanisme de transdifférenciation est essentiel à sa stabilité.
La part respective des facteurs génétiques et épigénétiques dans les processus biologiques est un sujet largement débattu. Ces travaux mettent en lumière les rôles respectifs de chacun des acteurs de la transdifférenciation: l'initiation et le déroulement sont assurés par les facteurs de transcription alors que les facteurs épigénétiques servent à garantir un résultat invariable. L'étude va même plus loin, montrant que, dans des conditions «normales», les facteurs épigénétiques sont accessoires (même en leur absence la conversion se déroule relativement efficacement) mais qu'ils sont indispensables en cas de stress environnemental. Ils ont donc un rôle primordial pour maximiser l'efficacité du mécanisme et assurer sa stabilité face aux variations extérieures.

La transdifférenciation est un phénomène encore mal connu. Il pourrait être impliqué dans la régénération d'organes observée chez certains organismes, comme le triton capable de reconstruire le cristallin de son œil après une blessure. Ces résultats apportent de nouvelles clés pour comprendre comment contrôler ce processus et pourraient déboucher sur des thérapies prometteuses, notamment dans le domaine de la médecine régénérative.

Apprentissage de la lecture : les bricolages du cerveau

Lors de la lecture, enfants comme adultes doivent éviter de confondre les lettres en miroir (b/d ou p/q). D'où nous vient cette difficulté à différencier ces lettres?



Lorsque l'on commence à lire, notre cerveau doit apprendre à inhiber la généralisation en miroir: un mécanisme qui permet de reconnaître rapidement des objets identiques quelle que soit leur orientation et qui empêche le cerveau de différencier les lettres en miroir qui, bien que symétriques, sont différentes. Une étude sur ce sujet a été menée par les chercheurs du Laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant (CNRS/Université Paris Descartes/Université de Caen Basse-Normandie).

Ces dernières années, de nombreuses études se sont basées sur la théorie du recyclage neuronal à propos de l'apprentissage de la lecture: des mécanismes anciens de notre cerveau sont réutilisés dans un rôle adaptatif nouveau, par une sorte de «bricolage biologique». Ainsi, des neurones initialement dédiés à l'identification rapide d'objets de notre environnement, grâce à la généralisation en miroir, seraient réutilisés au cours de l'enfance pour se spécialiser dans la reconnaissance visuelle des lettres et des mots.



Les chercheurs ont donc montré à 80 jeunes adultes des paires d'images, d'abord deux lettres et ensuite deux animaux. Sont-elles à chaque fois identiques? Les résultats ont indiqué que les lecteurs mettaient systématiquement plus de temps à déterminer que deux images d'animaux étaient bien identiques quand elles étaient précédées par des lettres en miroir. Cette augmentation du temps de réponse s'appelle «l'amorçage négatif»: les lecteurs ont dû bloquer la stratégie de généralisation en miroir pour réussir à discriminer des lettres de type b/d ou p/q. Ils mettent ensuite un peu plus de temps à déclencher cette stratégie quand elle est à nouveau utile pour reconnaître rapidement des animaux.

Ces résultats montrent que, même à l'âge adulte, l'inhibition de la généralisation en miroir est toujours nécessaire pour éviter les erreurs de lecture. Les enfants doivent donc s'entraîner à inhiber cette stratégie dès le début de l'apprentissage de la lecture. Un défaut d'inhibition cognitive lors du recyclage des neurones visuels du cerveau pourrait alors être un facteur explicatif de la dyslexie. Une piste à explorer, suite à cette découverte.

Des galaxies qui donnent le tournis aux astronomes

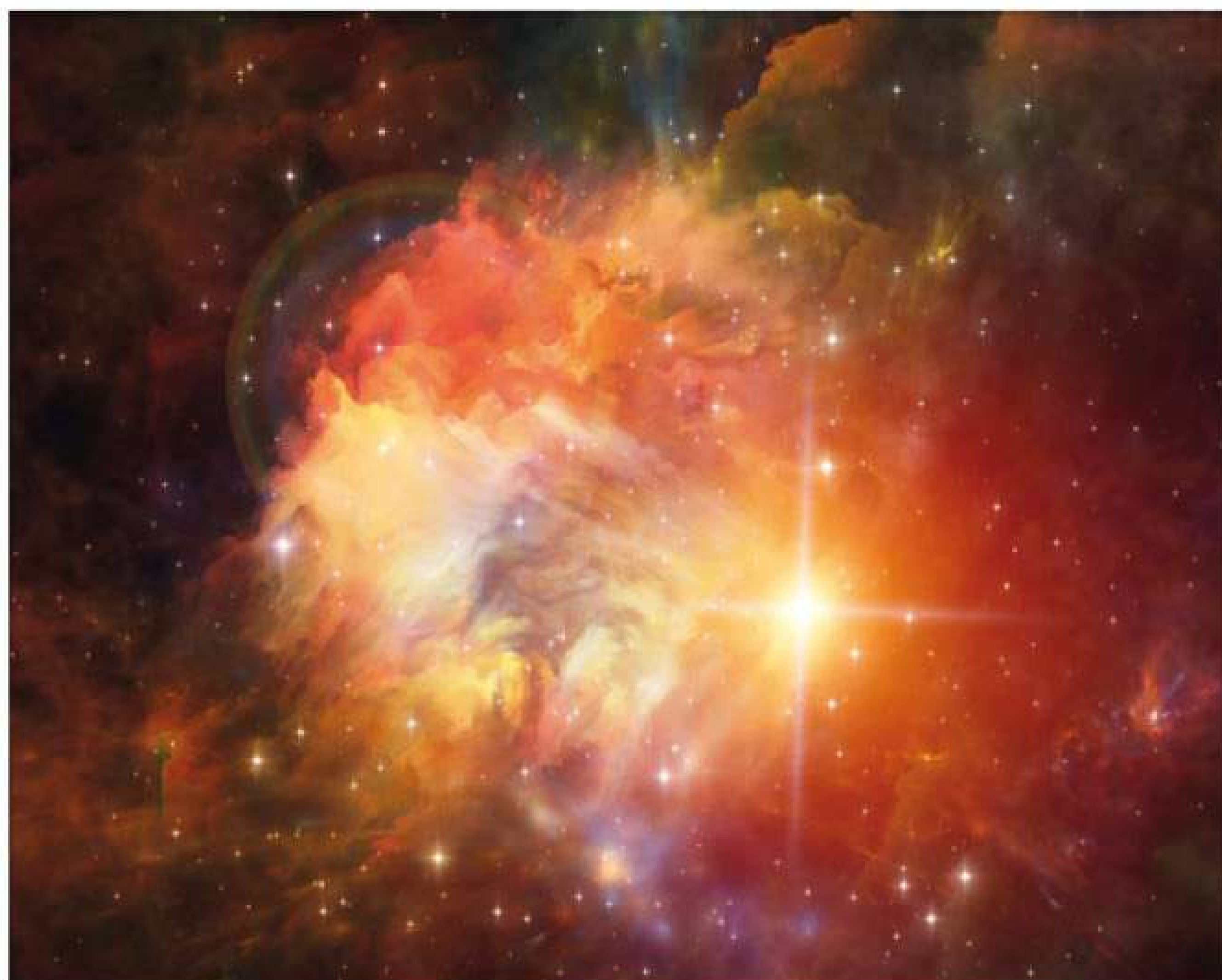
La présence de nombreuses galaxies naines autour de grandes galaxies, comme notre propre Voie Lactée, est connue depuis longtemps. Depuis quelques années, les orbites de ces galaxies naines autour de la Voie lactée et de notre voisine Andromède posent des problèmes d'interprétation.



En effet, ces galaxies sont organisées en grandes structures aplaties en rotation, tandis que nos meilleurs modèles actuels de formation des galaxies, liés au modèle standard de la cosmologie, prédisent qu'elles devraient se déplacer dans toutes les directions. Il semblait donc que la Voie Lactée et sa voisine soient des anomalies statistiques parmi les milliards de galaxies que comptent l'Univers, cela a ainsi été récemment confirmé par une étude internationale.

Mais à présent, une étude menée à Strasbourg et Sydney par une équipe internationale de chercheurs, dirigée par des astronomes de l'Observatoire astronomique de Strasbourg, montre que pour 380 galaxies observées et situées entre 30 et 700 millions d'années-lumière et possédant au moins deux satellites visibles, ces petites galaxies satellites semblaient également tourner autour de leurs hôtes! Les chercheurs ont ainsi estimé qu'à peu près la moitié des galaxies satellites de l'Univers local devraient être situées dans des disques en rotation pour être en accord avec leurs observations.

Cette découverte pourrait impliquer de réviser en profondeur nos modèles actuels et signifierait que quelque chose de fondamental nous échappe, pour l'instant, aux échelles plus petites.





Pourquoi cette incroyable biodiversité en Nouvelle-Guinée?

La Nouvelle-Guinée est un écrin de forêt tropicale abritant une diversité hors du commun dont l'étendue demeure encore inconnue. Il s'agit de l'une des dernières régions sauvages du globe à ne pas avoir été entièrement arpentée par l'homme et où il est encore possible de découvrir de nouvelles espèces de kangourous arboricoles, oiseaux de paradis et autres grenouilles multicolores.



Les insectes, à une échelle plus fine, représentent une diversité autrement plus extraordinaire dont l'ampleur semble insondable. Un nombre incalculable de nouvelles espèces vit sur l'île, offrant une opportunité unique de comprendre l'origine et l'évolution de la biodiversité. «*La Nouvelle-Guinée est un paradis pour les biologistes*» selon Helena Shaverdo, entomologiste du Museum de Vienne (Autriche), qui cite comme exemple que «*plus de 100 espèces du genre de coléoptères aquatiques Exocelina ont été décrites jusqu'à présent et l'on pense qu'il en existe au moins autant à découvrir*».

Son collègue Emmanuel Toussaint, entomologiste attaché au Muséum de Munich (Allemagne), abonde dans son sens: «*Cette île géologiquement récente, qui abrite une diversité exceptionnelle, est un véritable laboratoire pour étudier les processus de diversification et l'impact des changements climatiques et géologiques passés sur les écosystèmes que nous observons aujourd'hui*». En effet, l'île de Nouvelle-Guinée n'a été formée que récemment à l'échelle des temps géologiques, et la biodiversité que l'on y observe est particulièrement surprenante compte-tenu de ce jeune âge.



Avec ses collègues, Emmanuel Toussaint s'est donc intéressé aux facteurs ayant permis l'établissement d'une telle diversité en un temps aussi court. A l'aide de séquences ADN, l'équipe a reconstruit une phylogénie moléculaire datée des coléoptères du genre Exocelina permettant de rendre compte des relations de parenté entre espèces au cours du temps. Cet arbre généalogique a ensuite permis de tester à l'aide de modèles mathématiques différentes hypothèses quant à l'origine et au mode de diversification de ce groupe de coléoptères aquatiques. Les résultats de cette étude montrent que le groupe a colonisé la Nouvelle-Guinée depuis l'Australie il y a environ 7 millions d'années et a connu une extraordinaire période de diversification sur l'île. Curieusement, cette origine correspond aux prémices de la genèse de l'île par l'activité tectonique de la région qui a permis l'extension de l'île et la formation de chaines de montagnes de plus de 5000 mètres d'altitude en un temps record. Les coléoptères se sont donc diversifiés au fur et à mesure que l'île émergeait de l'océan et ont colonisé horizontalement mais aussi verticalement les nouveaux écosystèmes engendrés.

Les chercheurs ont également trouvé d'intéressants cas de changement d'habitat au cours de cette intense activité géologique mettant en lumière la capacité d'adaptation des coléoptères aux conditions changeantes de leur environnement. Ainsi, l'orogénie (ou formation des reliefs) de la Nouvelle-Guinée, qui se poursuit de nos jours, agit tel un formidable moteur de diversification dans la région. Cette étude, rendue possible par un travail de terrain de plus de 10 ans sur l'île, ouvre la voie à de nouveaux travaux, afin de comprendre les facteurs qui gouvernent l'apparition de la biodiversité sur Terre.

Peut-on manipuler nos souvenirs ?

« Les faux souvenirs, hypermnésies et manipulation de la mémoire » ont été abordés également par les membres du Conseil Scientifique de l'Observatoire B2V des mémoires. En effet, un souvenir « vit sa vie » et se modifie, et il en va de même pour la mémoire collective, dominée par une mémoire temporairement « forte » aux dépens d'une plus « faible ». Saviez-vous qu'un souvenir peut se matérialiser dans le cerveau ? De là à le modifier, il n'y a qu'un pas !



Les souvenirs sont et font ce que nous sommes, la preuve presque matérielle que nous avons été et que nous sommes aujourd'hui, explique Hélène Amiéva. Mais nos souvenirs sont-ils toujours fiables ? Sont-ils le miroir fidèle de la réalité ? A la sortie de cette table ronde, si on demande à chacun de relater ce qui s'est passé, il n'y aura pas deux récits semblables. Chacun se représente le passé à sa manière.

Mais il importe de tout d'abord définir ce qu'est un souvenir. Francis Eustache répond par cette définition : un souvenir renvoie à la mémoire des événements personnellement vécus dans le temps. On parle de mémoire épisodique. Ensuite, le souvenir va évoluer et se fondre dans notre mémoire du sens (mémoire sémantique). En revanche, si un souvenir traumatique est trop exacerbé, il n'a pas de sens et ne peut pas être intégré. Dès que le sujet est confronté à un indice qui lui rappelle ce souvenir, l'événement initial s'impose à lui comme s'il était à nouveau présent. Dans ces cas de stress post-traumatiques, il faut parvenir à atténuer la part émotionnelle de ce souvenir.

Au niveau physiologique, un souvenir peut se matérialiser par un changement dans le système nerveux central, qui conserve une information, explique le neurobiologiste Robert Jaffard. Il s'agit d'une assemblée de cellules interconnectées qui forme un « engramme ». Chose stupéfiante, on est à présent capable de manipuler ces engrammes pour provoquer le rappel d'une information précise chez un animal, ou au contraire pour l'inhiber, voire même fabriquer de fausses mémoires !

Chez l'homme, Elisabeth Loftus, psychologue américaine qui voulait savoir si le témoignage d'un crime était crédible, montre que la mémoire d'un événement pouvait être orientée selon les questions posées : « Vous avez donc vu les deux voitures se toucher/ se percuter » ? Selon le verbe choisi, on n'induit pas la même impression de vitesse... De même, elle a réussi à faire croire à environ 30% des personnes qu'ils avaient vu Bugs Bunny à Disneyland quand ils y étaient allés enfants (alors qu'il s'agit d'un héros de Warner Brothers)...

Peut-on alors se fier à un témoignage d'un souvenir historique, surtout s'il est relatif à un événement ancien ? Si vous posez une question à un témoin 70 ans après l'événement, sur quoi se base-t-il pour vous répondre ? Sur sa dernière remémoration, il y a 5 ans par exemple, comme le montre Joseph LeDoux, neuroscientifique et professeur à New York. Lorsque l'on sait que les zones du cerveau utilisées pour la mémoire sont les mêmes que celles utilisées pour l'anticipation, on perçoit le mélange des temporalités, qui posait problème à l'historien tant qu'il cherchait une « vérité historique » et non pas la vérité du témoin, qui est également sujet d'étude, souligne l'historien Denis Peschanski, directeur de Recherche au CNRS et directeur scientifique du Mémorial de Caen. Cette labilité de la mémoire résulte du fait que lorsqu'on réactive un souvenir, il est déstabilisé et peut se réactualiser, complète Robert Jaffard.

Avoir trop de mémoire : un véritable fardeau !

Comment booster ses capacités pour acquérir une mémoire d'éléphant ? C'est le souhait de bien des étudiants en période d'examens. Mais est-ce vraiment souhaitable d'avoir une mémoire phénoménale ?

Bien se connaître avant tout, tel est le conseil donnée aux jeunes par Catherine Thomas-Antérion, neurologue et docteur en neuropsychologie : ses limites, les moyens de mémoriser qui fonctionnent pour soi (listes, croquis, associations absurdes), savoir faire des pauses et se motiver par des récompenses lorsque l'apprentissage paraît ardu, et surtout préserver ses capacités attentionnelles en dormant bien et en n'ayant pas recours à des substances illicites... Une mémoire exceptionnelle n'est pas forcément un gage de réussite et le quotient intellectuel évalue certes un peu l'étendue des connaissances, mais aussi les fonctions exécutives : planifier, organiser, abstraire, comprendre...

Et pour ceux qui possèdent une mémoire quasi infinie ? En fait, il existe plusieurs sortes d'hypermnésie, explique Robert Jaffard. Certains ont une mémoire quasi-photographique, qui

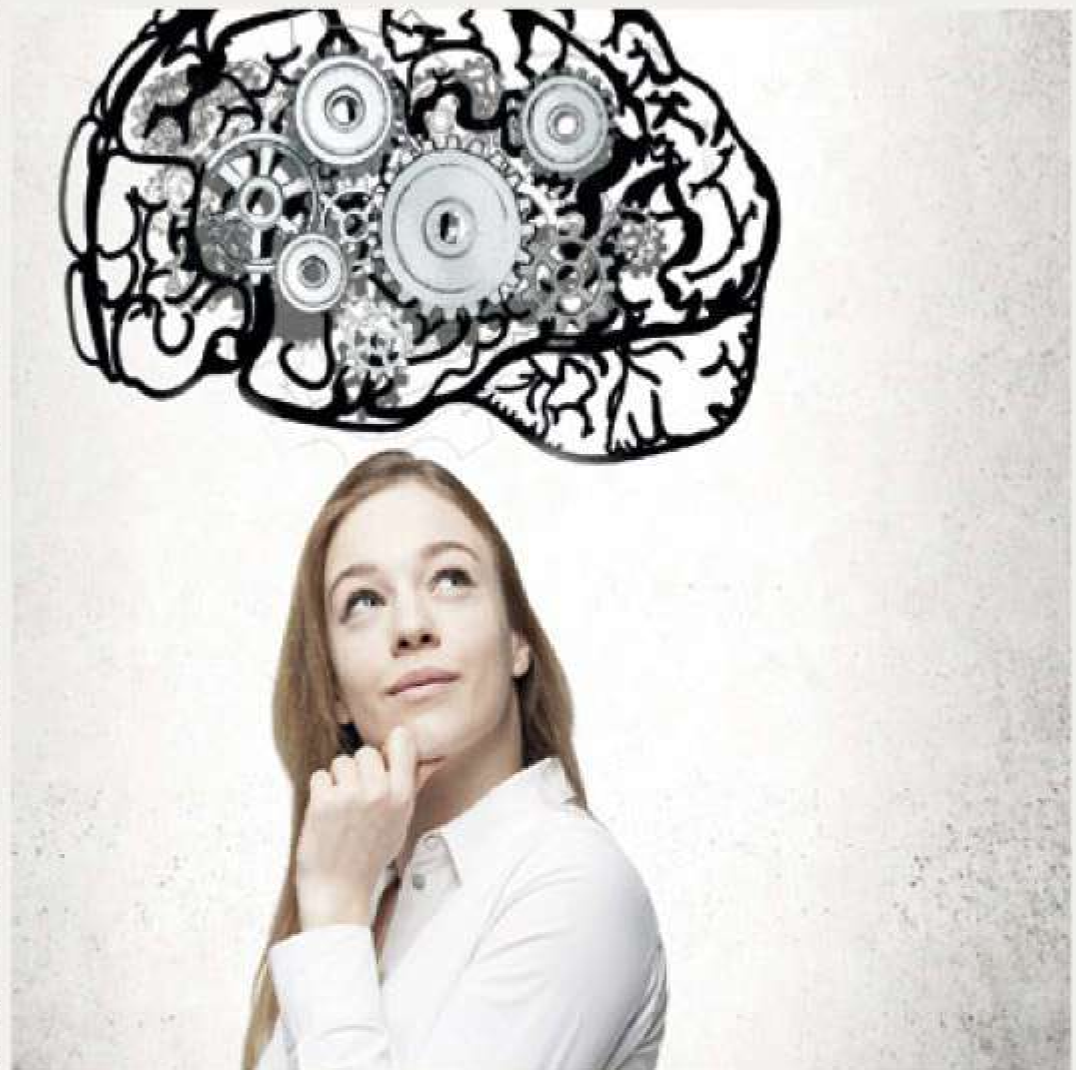
leur permet d'apprendre des choses même dénuées de sens, mais les plus « fréquentes » mémoires hors normes sont celles des personnes dotées d'une mémoire autobiographique exceptionnelle, qui retiennent tous les événements de leur vie et les détails les plus anodins. Pour ces patients, c'est un véritable fardeau ! En effet, même si l'oubli a plutôt mauvaise presse, comme le souligne Francis Eustache, mémoire et oubli forment en fait un duo gagnant, main dans la main. Ainsi, c'est grâce à l'oubli que l'on peut construire un récit cohérent, en laissant de côté certains éléments.

Enfin, certaines mémoires remarquables sont le fruit d'un entraînement, comme chez les personnes qui concourent aux championnats du monde de la mémoire. En revanche, ceux qui ont une mémoire autobiographique exceptionnelle ne présentent pas de résultats particulièrement bons à des tests de mémoire en laboratoire et les champions n'ont pas de mémoire autobiographique spéciale...

Une autre manifestation curieuse de la mémoire, rapportée par Catherine Thomas-Antérion, est l'ecmésie : elle survient souvent chez des personnes atteintes d'une perte momentanée de la mémoire (amnésie). Dans ce cas, la difficulté de récupération des souvenirs va libérer d'anciennes traces et la personne est comme transportée en arrière : elle se rappelle par exemple d'une rue avec des commerces qui ont disparu depuis 15 ans. Cela montre que le souvenir était toujours gravé en mémoire. L'hypnose peut aussi faire émerger des souvenirs enfouis, avec le risque de susciter des faux souvenirs...

10 conseils pour bien préparer un examen

Le Pr Francis Eustache* et Bérengère Guillery-Girard**, neuropsychologues, sont tous deux les auteurs de l'ouvrage « La neuroéducation, la mémoire au cœur des apprentissages » (Editions Odile Jacob, 2016). Ils y revisitent le fonctionnement de la mémoire avant les examens.



La mémorisation doit être comprise comme un processus en plusieurs étapes, à savoir l'encodage, la consolidation et la récupération. Voici 10 conseils pour une mémorisation facilitée, à adapter selon l'âge et les habitudes personnelles :

1. Chronobiologie : par exemple, la sieste courte de 20 minutes après le déjeuner n'est pas un mythe. La digestion demande de l'énergie et fatigue... Alors écoutez votre corps et évitez les révisions juste après les repas !

2. Apprentissage distribué : il est important de fractionner ou de distribuer les épisodes d'apprentissage en tenant compte de nos capacités attentionnelles. Il vaut mieux proposer plusieurs épisodes de révision d'une durée d'une vingtaine de minutes étalés sur plusieurs jours plutôt que de passer beaucoup de temps en un ou deux jours.

3. Répétition : plus on répète ou relit le même cours, plus l'information est mémorisée.

4. Engagement actif : être actif ou acteur de son apprentissage en s'entraînant avec des exercices par exemple.

5. Métacognition : c'est tout simplement « savoir ce qu'on sait déjà » et ce qu'on ne sait pas encore ou faire le point régulièrement sur ses connaissances pour réviser... Cela permet d'ajuster sa méthode de révisions sur les connaissances qui n'ont pas encore été assimilées.

6. Richesse de l'encodage : c'est créer une représentation mentale, pourquoi ne pas y mêler de l'émotion voire même visualiser ce qu'on apprend (par exemple, visualiser la visite d'un musée si toutefois le sujet de révision est de l'histoire). Ces images renforcent la trace dans notre mémoire.

7. Création d'associations avec des connaissances déjà en mémoire : mettre en parallèle les connaissances générales que nous avons en mémoire avec les connaissances personnelles (exemple : « *Louis XVI est né le 23 août 1754* ». Je fais le lien avec une connaissance personnelle, « *ma mère est née le 23 août* ». Cette date personnelle m'aide à retenir cette date de l'histoire importante.

8. Création d'associations avec des représentations déjà en mémoire : il est également possible de créer des liens avec des images mentales quand l'information s'y prête. La méthode des lieux, par exemple, consiste à reprendre un espace connu, public ou privé, comme le plan de sa maison, et d'associer mentalement à chaque élément de cet espace une information à mémoriser. Pour restituer les informations, il faudra parcourir l'espace, ici chaque pièce de sa maison, pour réactiver les traces mnésiques associées.

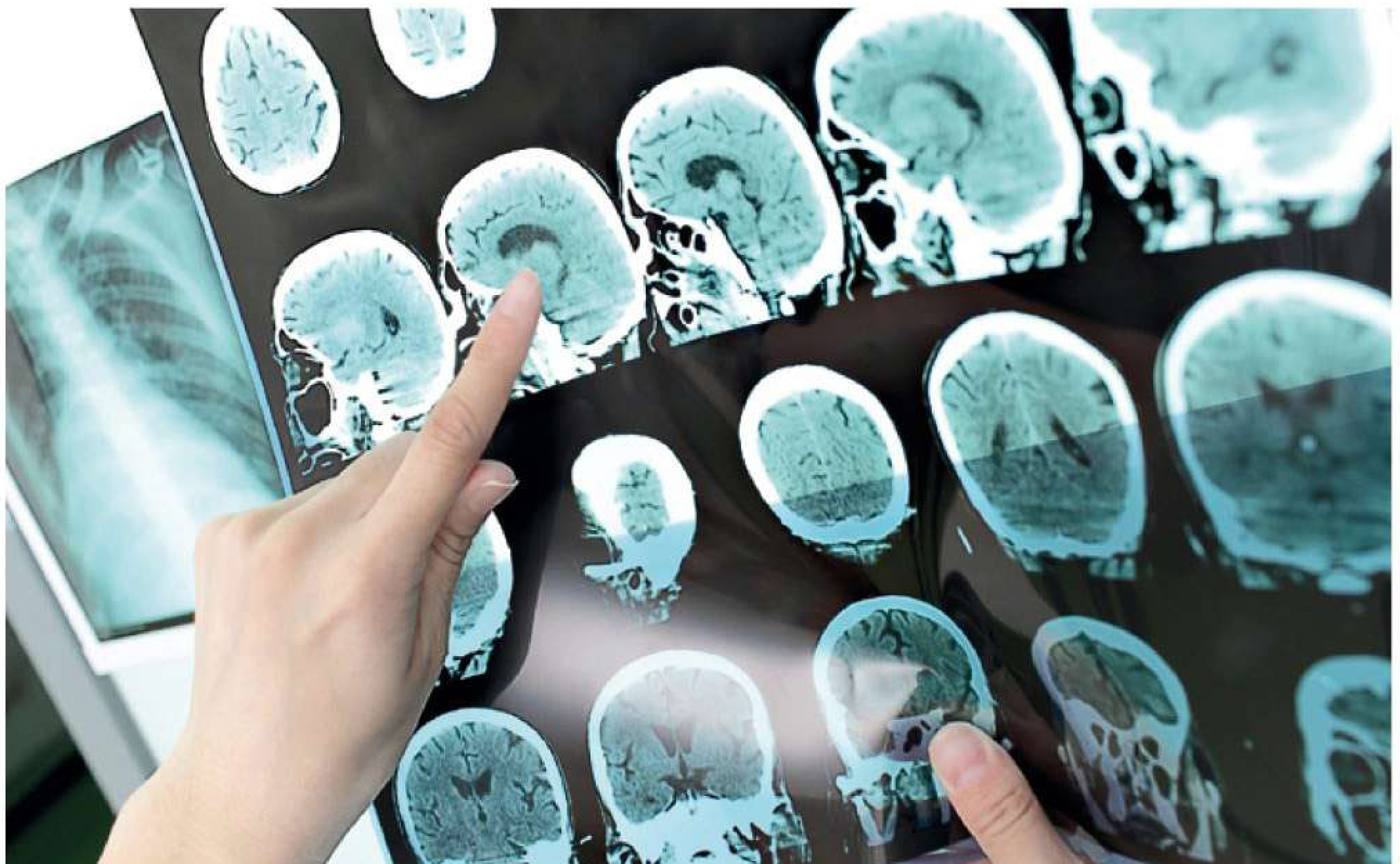
9. Organisation de l'information : la création de plans, de tableaux, de frises ou de schémas permet le classement ou la catégorisation des informations clés. Organiser l'information à retenir permet d'orienter donc son attention sur l'information pertinente qui doit être retenue.

10. Sommeil : préserver le sommeil en général mais encore plus pendant les révisions. La nuit, notre cerveau revit les épisodes d'apprentissage pour les consolider de manière efficace en mémoire.

**Le Pr Francis Eustache est Directeur d'Etudes à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE), Directeur d'une unité de recherche de l'Inserm dédiée à l'étude de la mémoire humaine et de ses maladies à l'Université de Caen Normandie, et Président du Conseil scientifique de l'Observatoire B2V des Mémoires.*
***Bérengère Guillery-Girard est Maître de conférences à l'EPHE.*

Vaincre Alzheimer : la recherche progresse

Encore mal comprise, la maladie d'Alzheimer mobilise l'énergie de nombreux scientifiques au niveau mondial. En France, la Fondation pour la Recherche Médicale (www.frm.org) soutient les pistes de recherche les plus prometteuses dans ce domaine. Détecter les facteurs de risque, comprendre le développement de la maladie, en stopper la progression représentent les voies d'exploration actuelles. Avec à la clé de nouveaux traitements.



Que se passe-t-il dans le cerveau ?

Quelles sont les premières manifestations de la maladie ? Au départ, le patient éprouve des difficultés à enregistrer de nouvelles informations ou le contenu de conversations récentes. Puis des souvenirs plus anciens s'effacent. Ensuite l'évolution est très variable d'un patient à l'autre. Mais on retrouve trois caractéristiques : l'aphasie, qui est la difficulté à trouver ses mots ; l'agnosie, c'est-à-dire l'incapacité à reconnaître et à nommer des objets ou des personnes familières ; et l'apraxie, qui correspond à des troubles dans l'exécution de certains gestes. Après 10 ou 15 ans d'évolution, certains malades présentent aussi des troubles du sommeil et de l'humeur.

Que se passe-t-il dans le cerveau ? Le peptide bêta-amyloïde, naturellement présent chez l'homme, s'accumule sous une forme anormale, constituant des agrégats entre les neurones appelés plaques ou dépôts amyloïdes. Il y a aussi d'autres protéines anormales (protéines Tau), qui à leur tour s'accumulent et entraînent l'apparition des signes de la maladie.

Un fléau mondial

47 millions de personnes dans le monde seraient atteintes de démences, la maladie d'Alzheimer étant impliquée dans 60 à 70% des cas.

Ce nombre devrait doubler d'ici 2050. *(World Alzheimer Report 2016)*

Détecter en amont des symptômes

Détecter la maladie le plus tôt possible constitue un véritable enjeu en vue de tester des traitements avant les premiers symptômes. On sait en effet que son évolution est très lente et que les premiers signes apparaissent en général 10 à 15 ans après les lésions. Entre-temps, la réserve cognitive joue son rôle, c'est-à-dire la capacité du cerveau à compenser la dégradation de certaines de ses structures. Ainsi on constate que, chez des personnes ayant un niveau d'études élevé, les symptômes se manifestent plus tardivement pour une même quantité de lésions.

Une fois les premiers symptômes apparus, les chercheurs pensent qu'il est probablement trop tard pour espérer une récupération, car les dégâts provoqués par la maladie sont trop avancés. D'où l'idée qui prévaut actuellement de tester les nouveaux traitements sur des patients en amont des symptômes, quand leur réserve cognitive est encore suffisamment préservée. D'ailleurs, si des essais cliniques pourtant très prometteurs ont échoué, c'est probablement parce que les malades inclus dans les essais cliniques étaient à un stade trop avancé de la maladie, les méthodes de diagnostic disponibles aux débuts des essais n'étant pas suffisamment précises. De plus, une partie des malades n'était en réalité pas atteinte de la maladie d'Alzheimer mais victime d'une autre forme de démence.

Y a-t-il vraiment des facteurs de risque ?

Hérédité, mauvaise hygiène de vie... certains facteurs déclenchants restent à déterminer.

Mettre en évidence de nouveaux gènes et explorer leur fonction permet d'ouvrir de nouvelles pistes pour lutter contre le développement de la maladie à ce jour. Grâce au travail coordonné de chercheurs internationaux, 26 gènes et régions du génome qui pourraient avoir un impact sur le développement de la maladie d'Alzheimer sont connus.



On sait aussi que des éléments liés à l'environnement influencent la survenue de la maladie. Des études récentes ont montré que contrôler les facteurs de risque cardio-vasculaire, pratiquer de l'exercice physique, avoir un bon équilibre alimentaire, conserver des activités stimulantes qui nécessitent organisation, planification et initiative sont des éléments de prévention de la maladie. Certains chercheurs estiment qu'un tiers des cas de maladie d'Alzheimer pourrait être évité en agissant sur ces facteurs.

Enfin les équipes souhaitent découvrir de nouveaux moyens de dépistage, toujours plus fiables et plus précoces, que cela soit via l'imagerie comme la tomographie par émission de positons, via des bio marqueurs présents dans le sang, ou encore via de nouveaux tests neuropsychologiques.

Que sait-on de plus sur les causes ?



Les chercheurs travaillent tout d'abord sur leur compréhension du développement de la maladie. Comme nous l'avons dit, l'apparition de celle-ci est étroitement liée à deux événements : l'accumulation de peptides bêta-amyloïde sous forme anormale entre les neurones, et de protéines Tau sous forme de fibres à l'intérieur des neurones. L'hypothèse qui prévaut actuellement est que les dépôts amyloïdes apparaissent en premier, mais il existe de très nombreuses incertitudes concernant les mécanismes en cause.

Autre axe de recherche : de nombreuses pathologies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer sont liées à une accumulation de protéines malformées au niveau des neurones. Une hypothèse récente propose que la maladie d'Alzheimer se développe comme une maladie « à prions » (la plus connue étant la maladie de Creutzfeld Jacob) au cours de laquelle les protéines prions situées dans les neurones cérébraux se replient sur elles-mêmes de façon très serrée et s'agrègent entre elles, ce qui perturbe le fonctionnement des cellules et induit leur mort. De plus, ces protéines prions anormalement repliées ont pour particularité de transmettre par contact leurs structures anormales à des protéines prions normales : ainsi ces protéines prions déficientes seraient capables de transmettre leurs anomalies de structure de cellule en cellule. Les agrégats protéiques se propagent des cellules malades vers les cellules saines, ce qui conduit à la mort des neurones de proche en proche. Comprendre ce mécanisme de propagation pourrait apporter de nouvelles clés pour enrayer la maladie.

La maladie d'Alzheimer en France

- **Avec 900 000 personnes atteintes, la France est l'un des pays les plus touchés par la maladie d'Alzheimer. 225 000 nouveaux cas sont diagnostiqués chaque année.**
- **La maladie d'Alzheimer touche 2 à 4% des 65 ans et plus, et 15% des 80 ans et plus. Seulement 1,5 à 2% des cas sont dus à des formes héréditaires, qui débutent en général bien avant 65 ans. *(Données Inserm)***

Quid des traitements en cours de développement ?

Vincent Béringue et son équipe de l'Inra de Jouy-en-Josas s'intéressent à cette hypothèse « à prions ». Ces dernières années, les recherches ont montré que d'autres protéines de l'organisme impliquées dans certaines pathologies pouvaient adopter le même comportement que les prions : c'est le cas du peptide bêta-amyloïde impliqué dans la maladie d'Alzheimer, ou de l'alpha-synucléine dans la maladie de Parkinson. C'est pourquoi Vincent Béringue et son équipe cherchent à comprendre le mode de transmission de ces anomalies de structure. La mise en évidence de tels processus dans la maladie d'Alzheimer et autres maladies neurodégénératives pourrait ouvrir de nouvelles pistes thérapeutiques.

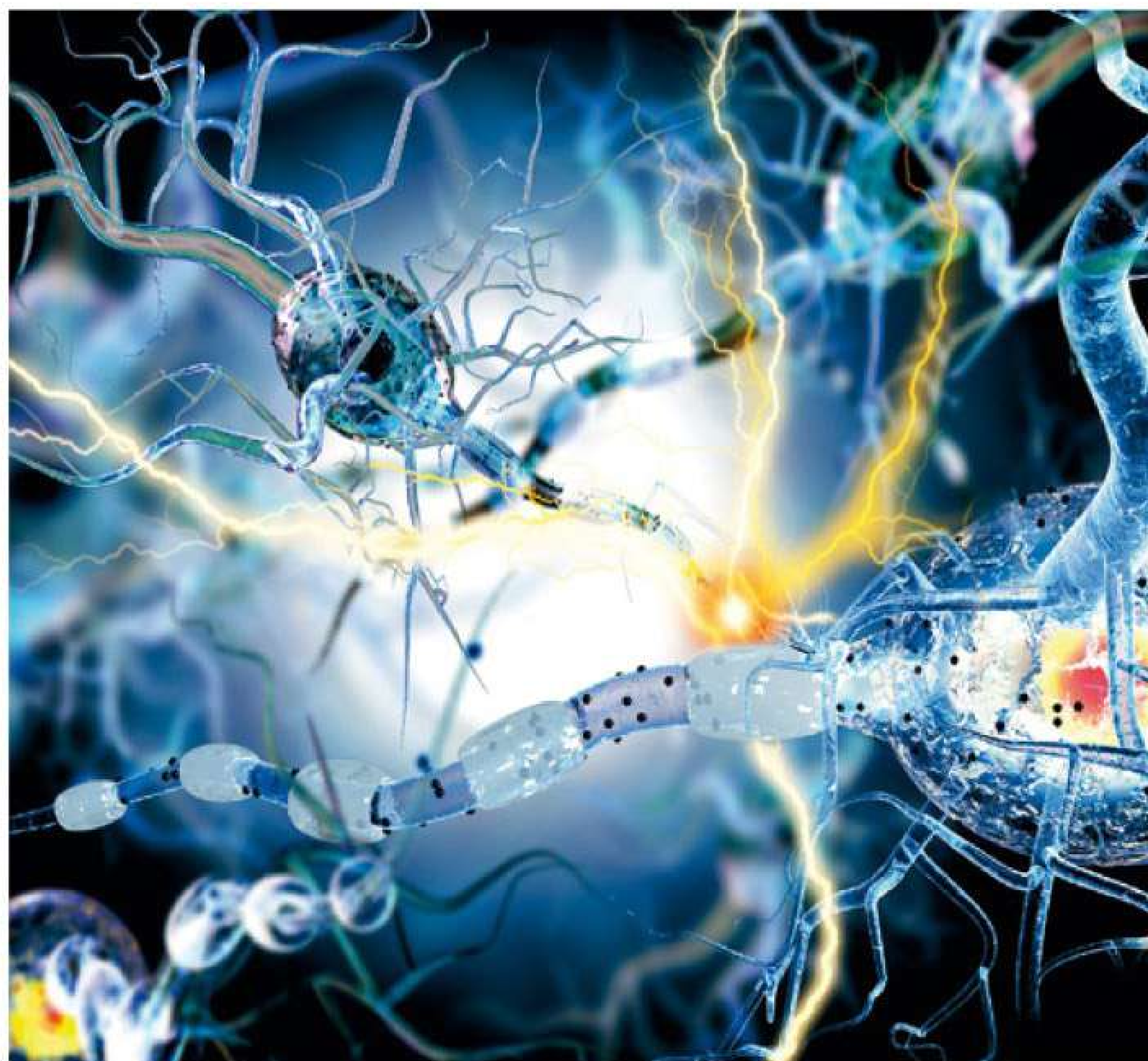
Une solution serait d'éliminer ces agrégats de peptides bêta-amyloïde qui s'accumulent autour des neurones et seraient à l'origine de leur mort. Les chercheurs utilisent pour cela l'immunothérapie, une stratégie qui vise à mobiliser le système immunitaire du patient pour qu'il s'attaque à ces amas protéiques. Injection d'anticorps dirigés contre ces peptides, stimulation des cellules immunitaires par un vaccin…divers moyens sont testés.

Les patients attendent également de nouvelles molécules pour lutter contre la pathologie. Les études se focalisent sur l'élaboration de médicaments pour bloquer les enzymes responsables de la fabrication des peptides bêta-amyloïdes, pour cibler les protéines Tau délétères dans la maladie, ou encore pour empêcher l'agrégation de ces protéines. Des essais sont en cours pour certains traitements.

En effet, les médicaments disponibles pour la maladie d'Alzheimer sont rares et ont une efficacité limitée. Ils agissent uniquement sur les symptômes de la maladie, retardant certes son avancée, mais sans pour autant la guérir. Développer des traitements représente donc un enjeu essentiel. Récemment un nouveau candidat-médicament, appelé Donécopride, a été développé grâce à une collaboration entre le Groupe Mémoire et Plasticité comportementale et le Centre d'Etude et de Recherche sur

le Médicament de Normandie (Université de Caen). L'intérêt de cette molécule est qu'elle agit à plusieurs niveaux : tout en présentant les mêmes effets symptomatiques que les médicaments actuels, elle stimule de plus des récepteurs qui freinent la formation des protéines anormales à l'origine de la maladie. Sous la direction de Thomas Freret et Pascale Schumann-Bard, la chercheuse Hélène Dumas participe à ce vaste projet qui pourrait ainsi aboutir à une nouvelle stratégie thérapeutique qui permettrait de réduire les troubles cognitifs majeurs des patients, et par là même d'améliorer considérablement leur qualité de vie.

Enfin d'autres thérapies très innovantes de la maladie sont actuellement à l'étude, comme la thérapie génique. Cette technique vise à délivrer un gène action thérapeutique qui permet aux cellules de produire des protéines aux vertus curatives ou préventives. Les chercheurs souhaitent adapter la thérapie génique à la maladie d'Alzheimer en apportant aux cellules neuronales des gènes leur permettant de lutter contre la pathologie.



Les dernières découvertes

Grâce aux financements de la Fondation pour la recherche médicale et à l'expertise de son Conseil scientifique, des découvertes notables font progresser la recherche.

Dans l'objectif de dépister plus tôt et de faire un diagnostic plus fiable, la chercheuse Hélène Amieva et son équipe de l'université de Bordeaux ont mené une étude à partir de données d'une cohorte française composée de patients suivis pendant 12 ans. Ils étaient tous en bonne santé initialement. Les chercheurs ont réalisé des examens réguliers d'imagerie par résonance magnétique sur ces patients, et se sont particulièrement attachés à l'apparition et à la progression d'une démence. Ils ont ainsi identifié un bio marqueur qui pourrait permettre le diagnostic précoce de la pathologie, bien avant l'apparition du déficit cognitif et d'autres symptômes sur lesquels repose actuellement le diagnostic de la maladie. Ce bio marqueur est localisé au niveau de l'hippocampe, le centre de la mémoire. Il pourrait s'avérer utile pour identifier les patients aux fonctions cognitives intactes, mais à risque de développer la maladie d'Alzheimer.

Toujours dans le même objectif, Laure Rondi-Reig - du Laboratoire Neuroscience Paris/Seine (UPMC, CNRS, Inserm), IBPS - s'intéresse principalement à la mémoire épisodique, une mémoire qui permet de se rappeler d'événements passés dans leur contexte (quoi/où/quand) et de former de nouveaux souvenirs. Cette mémoire est altérée précocement dans la maladie d'Alzheimer. Son équipe a mis au point un test extrêmement ludique, le Starmaze, basé sur la réalité virtuelle, qui permet, lorsqu'on l'associe aux tests neuropsychologiques classiques, de détecter les altérations de la mémoire épisodique et d'établir un diagnostic précoce de la maladie d'Alzheimer. La précision de ce test est étonnante : l'outil s'est avéré fiable à 100% sur les 16 patients testés. Les chercheurs souhaitent aujourd'hui l'améliorer et le simplifier davantage, puis le valider au sein d'une cohorte plus large de patients.

De son côté, l'équipe de Nathalie Cartier-Lacave du CEA (Fontenay-aux-Roses) a montré qu'une accumulation de cholestérol dans le cerveau entraîne les mêmes effets que la maladie d'Alzheimer, à savoir une altération de la mémoire et la destruction des neurones. Aujourd'hui les chercheurs développent une technique de thérapie génique extrêmement prometteuse pour faire baisser le taux de cholestérol dans le cerveau. Celle-ci freinerait l'évolution de la maladie d'Alzheimer. Il s'agit maintenant de démarrer un essai clinique chez l'homme dans les formes sévères et précoces de la maladie.

Une journée dans la Sta internationale



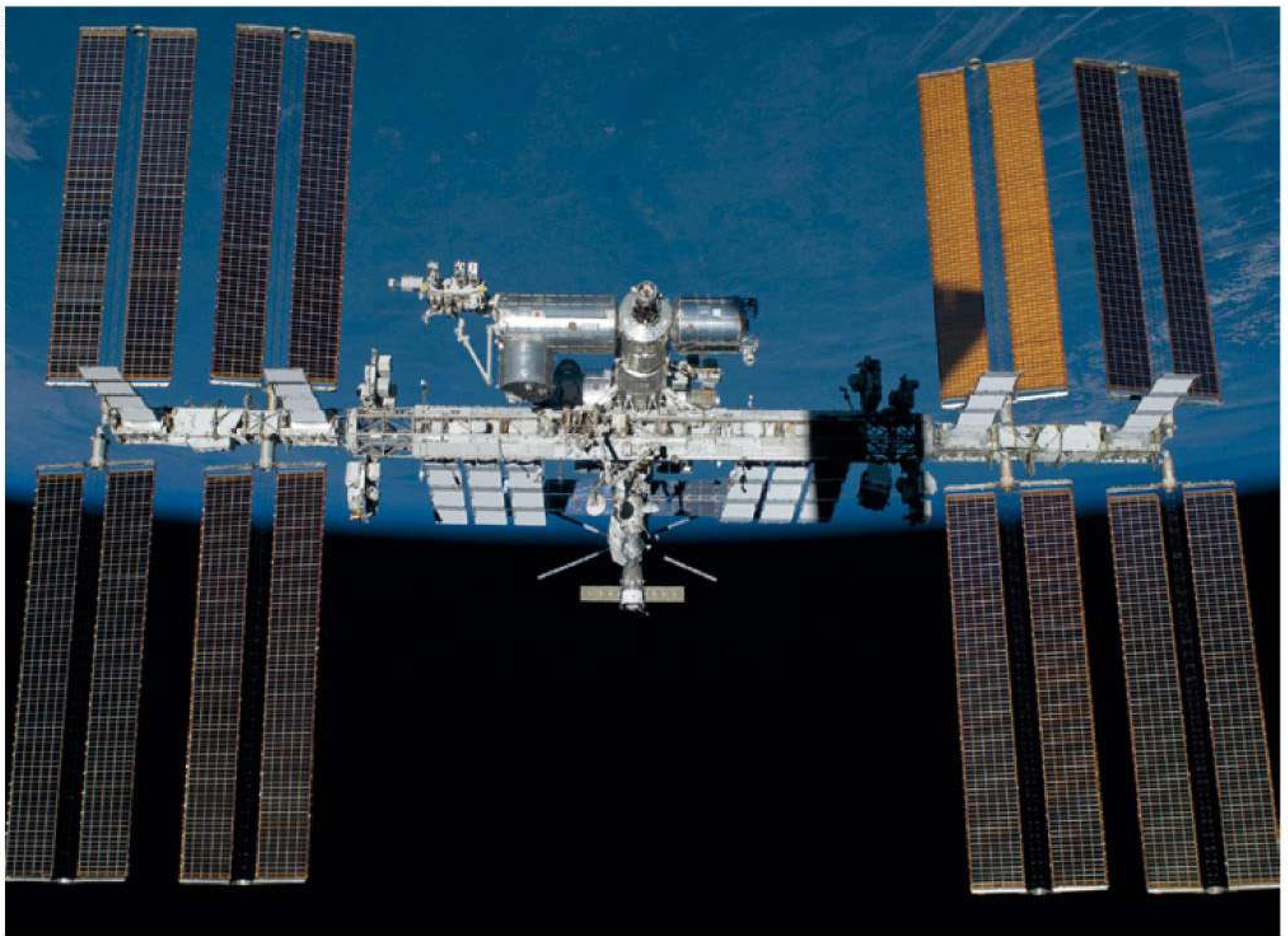
tion spatiale


© NASA / Editor: Mark Garcia

Constamment habitée depuis ses débuts en 2000, la Station Spatiale Internationale (en anglais International Space Station, ou ISS) est le plus grand objet jamais envoyé par l'homme dans l'espace. Elle s'est progressivement étendue par rajout de modules pour atteindre une taille conséquente. Ce qui lui permet d'héberger des équipages ainsi que des visiteurs. L'équipage actuel est composé notamment de Thomas Pesquet, le jeune astronaute français qui l'a rejointe en novembre dernier.

Mais comment vit-on aujourd'hui dans une station spatiale ? Les conditions spartiates des premiers séjours dans l'espace se sont-elles améliorées ? Comment les astronautes peuvent-ils supporter un tel isolement pendant de longs mois ? A quoi peuvent-ils bien occuper leurs journées ?

© NASA



Un laboratoire pas comme les autres

L'ISS vole en orbite basse, à environ 350 kilomètres d'altitude, ce qui nous permet de bien la voir la nuit dans le ciel : c'est l'objet le plus brillant après la Lune.

La Station s'étend sur 110 m de longueur, 74 m de largeur, 30 m de hauteur, et a une masse d'environ 400 tonnes. Elle se déplace autour de la Terre à une vitesse moyenne de 27 700 km/h et fait chaque jour 16 fois le tour de notre planète.

Depuis 2000, elle a toujours été habitée par un équipage international, composé d'abord de trois personnes puis de six à compter de 2009. Les astronautes y séjournent 3 mois, 6 mois, et même un an lors des plus récentes missions. Ils disposent d'une quinzaine de modules pressurisés, dont quatre consacrés aux expériences scientifiques, ce qui représente un volume d'espace pressurisé d'environ 900 m^3 dont 400 m^3 habitables.

© ESA/NASA



L'astronaute de l'ESA André Kuipers a effectué deux séjours à bord de l'ISS.

Ces travaux portent principalement sur la biologie - en particulier l'adaptation de l'homme à l'absence de pesanteur, ou encore des expériences sur les cultures de cellules ou de petites plantes - ainsi que sur la science des matériaux, des fluides et bien sûr l'astronomie.

Seize pays, notamment les États-Unis, la Russie, le Japon, le Canada et de nombreux autres états membres de l'Agence spatiale européenne (ESA) ont travaillé ensemble pour construire la Station. Le projet européen le plus important sur l'ISS est le laboratoire scientifique Columbus, où les astronautes peuvent mener leurs expériences scientifiques en condition d'impesanteur. Mais d'autres expériences sont effectuées en extérieur, consistant à exposer des échantillons de différents matériaux ou de bactéries à l'environnement hostile de l'espace.

Comment est ravitaillée la Station ?


© ESA/NASA

L'approvisionnement est effectué par des vaisseaux non habités en provenance de différents pays, notamment le Véhicule de transfert automatique (ATV) de l'ESA et le vaisseau-cargo russe Progress.

L'ATV, conçu en 2008, livre sur la Station 8 tonnes de ravitaillement, entre autres la nourriture, le carburant et les équipements, ainsi que de l'eau car toute celle de la Station ne peut pas être recyclée. Il reste amarré six mois à l'ISS, contribuant à relever son orbite si nécessaire grâce à un réallumage de ses moteurs. Une fois sa mission terminée, il emporte 6,3 tonnes de déchets et rejoint l'atmosphère pour y brûler.

Le concept de la douche a été abandonné !

Loin des clichés sur les astronautes ne consommant que de la nourriture lyophilisée et tentant de se doucher en attrapant les gouttes d'eau une par une, la vie dans une station spatiale a bien évolué... même si l'on peut difficilement parler de confort !

Les journées de travail sur la Station sont chargées et bien planifiées. Après un réveil téléphoné de la Terre, une toilette rapide et le petit-déjeuner, les équipes s'entretiennent avec le centre de contrôle au sol pour organiser la journée de travail.

Comme tout Terrien, les astronautes font naturellement leur toilette. Celle-ci s'effectue avec un robinet, des lingettes humides (le concept de la douche a été abandonné), du savon en tube, un shampooing sans rinçage, une brosse à dents et un dentifrice qui peut être avalé. Se raser est plus compliqué car tout poil peut représenter un danger pour la Station (s'il obstrue les systèmes d'aération) ou pour l'équipage (s'il vole dans le module).

Du fait de la microgravité, les astronautes doivent s'attacher sur la cuvette des toilettes. Celles-ci sont équipées d'un système de succion et d'une « chasse d'air ». Les déchets sont évacués dans des sacs stockés dans un container qui partira pour être détruit dans l'atmosphère terrestre avec le véhicule de ravitaillement. Quant aux urines (et la sueur), elles sont filtrées et recyclées pour être bues ou pour réhydrater la nourriture. Les économies d'eau sont plus que jamais à l'ordre du jour dans une station !

Les astronautes se consacrent aux expériences scientifiques environ 8 heures par jour durant leur mission qui dure en moyenne 6 mois. Celles-ci ont pour objectif des applications sur Terre dans divers domaines (économies d'énergie, fabrication d'alliages de métaux facilitée


© ESA/NASA

Il faut faire attention à chaque poil ou miette qui vole dans la Station.

Mais quelle heure est-il donc dans la Station spatiale ?

C'est l'heure UTC (ou Temps Universel Coordonné, nouvelle appellation de GMT, soit l'heure du méridien de Greenwich) qui a été choisie. L'hiver, Paris n'a donc qu'à une heure de décalage avec l'ISS.

par l'impesanteur...), ainsi que des solutions pour des voyages spatiaux habités de longue durée (ex : faire pousser des légumes en impesanteur). Ils réalisent ces expériences soit en agissant directement, soit en surveillant celles qui sont contrôlées à partir de la Terre. Ils prennent part également aux expérimentations médicales pour définir comment leurs corps s'adaptent à la vie en microgravité sur de longs mois.

A noter qu'en dehors des expériences scientifiques, beaucoup de temps est consacré à l'entretien ménager et à la surveillance et la réparation des équipements.

L'activité physique occupe au moins deux heures par jour car les astronautes doivent prendre soin de leur cœur et de leur perte musculaire et osseuse. Impossible d'utiliser les mêmes instruments que sur Terre. En effet, porter 100 kg sur terre est très pénible, mais pas dans l'espace ! Aussi les équipements (vélo d'exercice, tapis roulant...) sont-ils conçus bien différemment.


© ESA/NASA

Le sport limite la fonte osseuse et musculaire en impesanteur.

Des plats de chefs étoilés... mais pas d'alcool !

La journée est naturellement entrecoupée par le déjeuner. Fort heureusement, l'alimentation est beaucoup plus variée qu'aux débuts de la conquête spatiale.

Les repas ressemblent à ceux que nous consommons sur Terre et sont fournis par les Américains et les Russes. La nourriture est en conserve ou sous aluminium. Elle peut aussi être lyophilisée, pré-cuite ou déshydratée. Des légumes et fruits frais peuvent être consommés dans les jours suivant l'arrivée d'un vaisseau de ravitaillement. Les menus sont choisis avant le départ par chaque astronaute avec l'aide de diététiciens qui les adaptent à leurs conditions de vie dans l'espace. Pour soutenir le moral des astronautes, des plats sont concoctés par des chefs étoilés (notamment Alain Ducasse) pour déguster lors d'occasions spéciales comme Noël. Mais pas question de les accompagner d'alcool !



© NASA

Les repas sont toujours une occasion pour s'amuser avec la micropesanteur.

© ESA/NASA



Comme on le sait, manger dans l'espace se révèle souvent cocasse du fait de la microgravité. Il faut savoir que les préparations varient selon le type de nourriture. Certains aliments peuvent être mangés sous leur forme originale, comme les biscuits et les fruits. Il faut ajouter de l'eau dans d'autres, comme les pâtes ou la glace en poudre. Les condiments (ketchup, moutarde, mayonnaise…) sont fournis ; le sel et le poivre sont disponibles sous forme liquide afin qu'ils ne flottent pas dans les modules. Eux aussi représentent un danger dans la mesure où ils peuvent obstruer les bouches d'aération ou d'autres équipements fragiles ou rester collés dans l'œil ou le nez d'un astronaute. Chaque miette qui s'échappe doit être absolument récupérée. Les astronautes ont une préférence pour la nourriture épicée car la microgravité a tendance à empêcher les odeurs de monter au nez et le sens du goût disparaît quelque peu.

Un four permet de réchauffer à la bonne température. Par contre il n'y a pas de réfrigérateur dans l'espace, c'est pourquoi la nourriture doit être conservée et préparée correctement afin d'éviter qu'elle ne s'abîme. La plupart d'entre elle est consommée dans des emballages pour ne pas qu'elle se disperse dans le module. Et ainsi pas besoin de faire la vaisselle et de gaspiller de l'eau !
Le dîner est donc aussi rapide ; il est suivi d'une dernière réunion entre les membres de l'équipage.

Travailler dans la Station spatiale signifie également assurer la maintenance et le bon état de la Station, ce qui peut nécessiter d'effectuer des sorties en combinaisons spatiales. Les équipages vérifient constamment les systèmes de support et les filtres de nettoyage, faisant les mises à jour des équipements informatiques. De la même façon, le centre de contrôle de la mission surveille constamment la Station spatiale et envoie chaque jour des messages oraux ou par e-mail avec de nouvelles instructions ou des plans pour aider les équipages dans leur routine journalière.

La « journée » de travail est donc bien remplie dans ce laboratoire de recherche international ultra sophistiqué en orbite permanente.


© ESA/NASA

Chaque jour, les astronautes voient le Soleil se coucher 16 fois.

Le Soleil se lève 16 fois par jour

Heureusement les astronautes bénéficient de temps libre, les distractions étant un ingrédient essentiel de la qualité de vie, surtout lorsque l'on séjourne plusieurs mois enfermé avec de plus une lourde charge de travail. Les équipes de contrôles au sol s'assurent que les astronautes se reposent, font du sport et se distraient. Le dimanche est généralement férié.

Le passe-temps préféré des équipes, tandis qu'elles orbitent autour de la Terre, est simplement de regarder par les fenêtres - et celles-ci sont nombreuses à bord de la Station - et de prendre des photos de notre planète. Les astronautes commentent souvent leur fascination lorsqu'ils regardent la Terre avec ses différents reliefs et couleurs. Les levers et couchers de soleil sont également très spectaculaires ; et ils peuvent les observer toutes les 45 minutes au-dessus de l'atmosphère terrestre.
Les autres distractions sont assez variées : ils regardent des films, jouent de la musique, lisent, jouent aux cartes et parlent avec leur famille.

Pour dormir, le problème reste évidemment le fait qu'il n'y ait ni haut ni bas en plus de la microgravité. Les astronautes peuvent donc dormir dans n'importe quel sens. Ils sont obligés de s'attacher pour ne pas flotter dans le module au risque de se cogner ou d'endommager un équipement. Les équipages de la Station spatiale ont l'habitude de dormir dans des sacs de couchage accrochés

La Station s'est « modernisée »

L'étude des étoiles et de la Terre a été grandement simplifiée par l'installation de la Coupole de l'ESA. Entourés des sept plus grands hublots jamais utilisés dans l'espace, les astronautes profitent d'une vue extraordinaire de la Station et de l'Univers qui l'entoure.

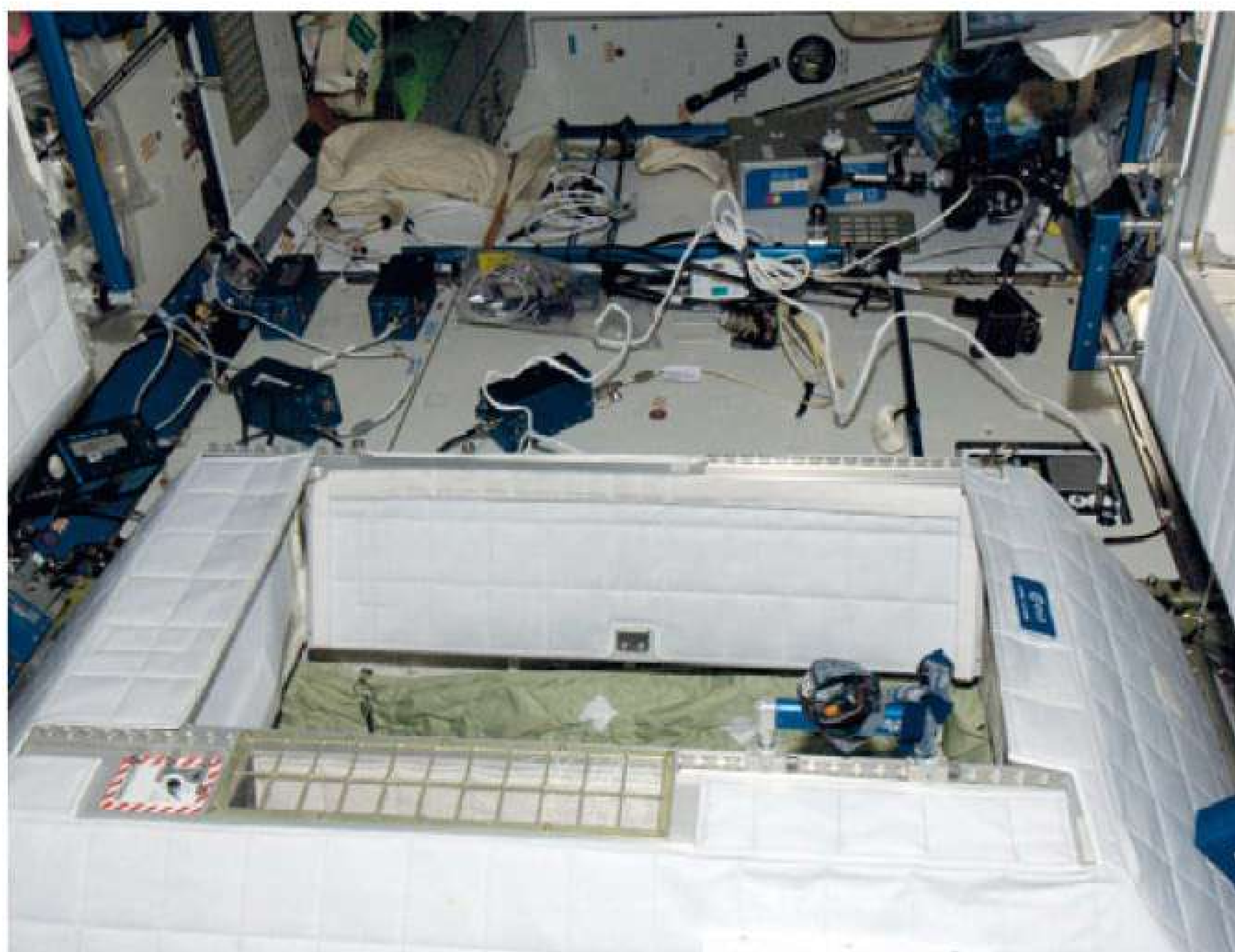
Quant aux sorties dans l'espace, elles ont été facilitées par l'installation du bras télémanipulateur européen de 11,3 mètres – mis au point par l'ESA en collaboration avec la Russie – qui est fixé à l'extérieur.

verticalement à la paroi, situés dans des petites cabines personnelles. Quant aux visiteurs, ils accrochent leur sac de couchage sur n'importe quelle cloison libre.

Les nuits ne sont pas longues (6 heures en moyenne) car les corps ne se fatiguent pas beaucoup en micropesanteur. Les astronautes peuvent s'endormir plus tard s'il préfèrent écouter de la musique ou consulter leur ordinateur. Cependant, comme le Soleil se lève 16 fois en 24 heures, des rideaux sont tirés devant les hublots pour bénéficier d'un minimum d'obscurité. Une bonne ventilation de la cabine est requise également pour faire circuler l'oxyde de carbone exhalé par les astronautes et qui stagne autour de leur tête.

Provenant de différents pays européens, des États-Unis, de la Russie et du Japon, tous les astronautes doivent apprendre à vivre ensemble malgré leurs différences culturelles. Ils ont aussi la chance aujourd'hui de pouvoir communiquer plus facilement avec leur famille, par e-mail, par vidéo et par courrier. Ils reçoivent également des visites d'équipages qui viennent travailler avec eux pour quelques semaines, ce qui rompt quelque peu leur isolement.

Avec une durée de séjour cumulée de 879 jours, dont 4 missions à bord de l'ISS, le cosmonaute russe Guennadi Padalka est l'homme qui a séjourné le plus longtemps dans l'espace.


© ESA/NASA

Une cabine individuelle pour dormir.

La microgravité n'est pas faite pour l'homme

Bien évidemment, la vie dans une station spatiale diffère surtout à cause de l'absence de gravité. Les astronautes ne marchent plus mais flottent, ils peuvent soulever des objets d'un poids incroyable, les équipements doivent tous être arrimés aux parois, il n'y a ni sol ni plafond. Si cela amuse beaucoup les équipages, la microgravité cause malheureusement aussi des problèmes de santé.

S'adapter à l'impesanteur requiert bien sûr quelques jours pendant lesquels les astronautes sont victimes du mal de l'espace (nausées, pertes d'orientation...). Ensuite, plus le séjour sera prolongé, plus les conséquences physiologiques de la vie dans l'espace vont être importantes. Le sang et les autres fluides corporels circulant mal congestionnent la tête, le cœur se ralentit, les globules rouges diminuent. Il est souvent difficile aux astronautes de trouver le sommeil, ils perdent du poids et s'affaiblissent au niveau immunitaire. Tous ces effets disparaissent heureusement à leur retour sur Terre.

Les conséquences physiologiques les plus graves s'observent au niveau des os et des muscles. L'absence d'efforts physiques entraîne une atrophie musculaire et une décalcification du squelette. Les deux heures quotidiennes de course, vélo et musculation, qui ont pour objectif de résoudre ces problèmes, ne suffisent cependant pas à les supprimer entièrement.
Enfin, qui dit vie dans l'espace dit exposition aux rayons cosmiques. En une journée, un astronaute reçoit en moyenne la même quantité de radiations qu'un Terrien en une année. D'où une réduction de l'immunité, un risque de cancer beaucoup plus élevé, et également une fréquence des cataractes.

Etrangement, le confinement n'est pas présenté comme un problème pour les astronautes étant donné l'importante surface habitable de la Station et le fait de disposer d'une dimension supplémentaire, les quatre parois pouvant servir de plancher. En plus de la légèreté de leur corps, cela leur procure une formidable sensation de liberté.

Le retour sur terre est difficile : les astronautes ont une sensation de lourdeur, perdent l'équilibre, leurs muscles ne les supportent plus, leurs os sont exposés à des risques de fractures. Chaque mouvement exige un effort, le cœur doit travailler beaucoup plus pour pomper le sang dans tout le corps. Cette réadaptation peut durer plus d'un mois après un séjour de longue durée sur la Station.
Comme le souligne l'ESA, certains astronautes ont rapporté que des mois après leur vol, ils lâchent parfois en l'air une tasse ou un autre objet quelconque et sont surpris de le voir s'écraser par terre !



© ESA–Stephane Corvaja, 2016

Après un séjour de longue durée, les jambes ne vous portent plus (ici en juin 2016, après l'atterrissage dans la steppe du Kazakhstan).



© GCTC

Le français Thomas Pesquet, de l'ESA (à droite), avec l'américaine Peggy Whitson et le russe Oleg Novitskiy, font partie de l'expédition 50 (arrivée fin 2016 sur l'ISS).

Abonnez-vous à Entreprendre



Actuellement en kiosques ou sur abo : www.lafontpresse.fr

Le magazine de toutes les réussites

Créé en 1984, c'est le magazine de référence de l'économie en croissance et des entrepreneurs ou cadres dirigeants. Faites abonner votre entreprise pour ne manquer aucun numéro (déductible des dépenses de formation).



Plus de **40%** de réduction

L'inventeur de la presse entrepreneur en 1984

LES 6 AVANTAGES DE NOS ABONNÉS

- Lisez au meilleur prix le magazine n°1 des entreprises, pionnier de la presse entrepreneur
- Bénéficiez d'un tarif exclusif et réalisez une économie de près de 50%
- Accédez aux informations privilégiées du site www.entreprendre.fr
- Recevez vos magazines à domicile, la livraison vous est offerte
- Accédez à EntreprendreTV, la chaîne des entrepreneurs, sur Facebook et Youtube
- Devenez membre du Club des Entrepreneurs (Dîners Décideurs, réductions privilégiées...)



Avec votre abonnement, recevez en cadeau Réussir en France, c'est facile, le best-seller de Robert Lafont + une petite annonce gracieuse d'une valeur de 190€

BON D'ABONNEMENT à Entreprendre

À compléter et à renvoyer accompagné de votre règlement à *Lafont presse*, 53 rue du Chemin Vert - CS 20056 - 92772 Boulogne-Billancourt Cedex

❑ **Oui, je m'abonne à *Entreprendre*** : 10 n° pour **29 €** (au lieu de 39€, **soit une économie de 10€**) ou 20 n° pour **58 €** (au lieu de 78€ **soit une économie de 20€**), et **je reçois en cadeau le livre de Robert Lafont : *Réussir en France, c'est facile*** + **une PA gracieuse.**

❑ **Je m'abonne à *Manager & réussir*** : 8 n° pour **47 €** ❑ **Je m'abonne à *Création d'entreprise magazine*** : 8 n° pour **38 €**

Total commande :......................€

Déductible des dépenses de formation.

Ci-joint mon règlement à l'ordre de *Lafont presse* par :

Nom .... Prénom .... Âge ....

Adresse .... Activité :.............................

Code postal .... Ville ....

Téléphone .... Date de naissance ....

Courriel

❑ Chèque bancaire ou postal ❑ Carte bleue Visa N° Expire-le :

IMPORTANT, je note les 3 derniers chiffres du numéro inscrit au dos de ma carte bancaire :

Date et signature obligatoires :

Créé et imprimé en France

Tarifs DOM-TOM étranger : + 2 € par numéro servi

Lafont presse

www.lafontpresse.fr

Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978 modifiée en 2004, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent. Vous pouvez accéder aux informations vous concernant, les rectifier et vous opposer à la transmission éventuelle de vos coordonnées en cochant la case ci-contre ❑ ou en adressant un courrier libre à Lafont presse – 53, rue du Chemin vert, 92 100 Boulogne Billancourt.

Etonnantes découvert
en France



tes archéologiques



© Cliché-P-Gerbert-INRAP

Chaque année, les chercheurs de l’Inrap (l’Institut national de recherches archéologiques préventives) réalisent quelque 1 500 diagnostics archéologiques et 250 fouilles en partenariat avec les aménageurs privés et publics, en France métropolitaine et outre-mer. L’occasion de faire des découvertes extraordinaires qui revisitent notre histoire…

Une œuvre d'art unique du Paléolitique !

À Bergerac (Dordogne), des fouilles sur le site de plein air de la doline de Cantalouette ont permis de mettre en évidence des occupations préhistoriques, du Paléolithique moyen au Néolithique. Des chercheurs de l'Inrap et leurs collègues espagnols ont annoncé la mise au jour d'une œuvre d'art aurignacienne, vieille de 35 000 à 31 000 ans, qui représente un oiseau et change notre regard sur les origines de l'art figuratif.



© Iluminada Ortega, Joseba Rios-Garaizar, Diego Garate Maidagan, Juan Arizaga, Laurence Bourguignon

Durant l'Aurignacien, les Hommes modernes arrivent en Europe occidentale. Cette oeuvre d'art réalisée par l'un d'eux est exceptionnelle par son degré de naturalisme, par la nature de son support, le cortex (l'enveloppe calcaire) d'un éclat de silex, enfin par la technique de gravure utilisée, dite du relief abattu.

La gravure a été faite à l'aide d'un outil en pierre, en créant une surface irrégulière dans le cortex. Un côté moins abaissé que l'autre donne du relief. Cette étape est suivie par l'incision du tracé du plumage et des détails de la tête : bec court mince et pointu, oeil de petite taille et possible ligne sourcilière. La poitrine est représentée avec un trait presque rectiligne. Les ailes apparaissent entièrement déployées, représentées selon une perspective plate avec des traits parallèles qui figurent le plumage. Enfin, un petit trait souligne les pattes ou la queue. Cette technique du relief abattu sur la surface corticale de l'éclat est peu utilisée dans l'art Paléolithique.

Trois familles d'oiseaux, présentes en France il y a 35 000 ans, peuvent candidater : le passereau, le torcol fourmiller ou un phasianidé (perdrix ou caille). La posture suggère celle d'un oiseau buvant, faisant la cour ou sur le point de s'envoler. L'artiste a capté avec dextérité un instant très précis, typiques du comportement animal.

Un art éphémère ?

L'élection d'un animal rarement dépeint et l'utilisation de procédures techniques novatrices sont spécifiques de cette gravure. Elles suggèrent l'absence de traditions artistiques et techniques rigides dans l'art Aurignacien. L'absence d'un canon est d'ailleurs une caractéristique de l'art aurignacien, et cela malgré certaines convergences, notamment la représentation d'animaux dangereux dans le Jura Souabe, la Dordogne, l'Ardèche et l'Italie du Nord.
Ainsi, sur ce site de la doline de Cantalouette II, l'artiste se permet de « tester » d'autres modes de représentation des volumes et des contours. La liberté de cet artiste peut être mise en parallèle avec celle des tailleurs aurignaciens du Bergeracois qui surpassent leurs compétences techniques en produisant des lames aux dimensions hors normes.
L'objet lui même, mis au rebut dans un atelier de taille de silex, suggère l'existence d'une expression artistique éphémère, comportement encore inconnu pour l'Aurignacien qui autorise à repenser la fonction du premier art figuratif européen.
Cet oiseau s'avère très singulier pour la période aurignacienne, qui signe les premières manifestations artistiques en Europe occidentale. Cette oeuvre diffère fondamentalement des autres expressions artistiques contemporaines, celles de la grotte Chauvet par exemple, puisqu'elle n'est pas faite pour perdurer. Les manifestations artistiques et symboliques aurignaciennes ne sont donc pas exclusivement liées au renforcement des réseaux sociaux ou aux croyances, mais sont aussi des expressions créatives éphémères, voire ludiques.

Nos ancêtres préhistoriques sur le plateau de Brie

Pendant longtemps les plateaux ont été considérés comme peu propices à l'installation des hommes préhistoriques qui vivaient le long des cours d'eau où ils trouvaient les ressources primordiales à leur survie : l'eau, la faune, la flore et le silex.
Cette vision était en grande partie influencée par l'aménagement du territoire autour des carrières où les archéologues œuvraient le plus souvent. Les recherches menées à partir des années 1990 en lien avec le développement de la ville nouvelle de Sénart ont profondément renouvelé cette vision...

La multiplication des sondages profonds à partir de 2007 a en effet entraîné une meilleure compréhension des terrains et la découverte de nombreuses occupations préhistoriques. Tigery, en Essonne, est symptomatique de ces travaux. La phase préliminaire à la fouille, le diagnostic, a été l'une des premières où des sondages profonds ont été réalisés tous les 50 mètres. Elle a révélé un véritable condensé d'aventure humaine : des occupations du Paléolithique ancien (avant 130 000 ans) au Néolithique (entre - 6000 et - 2200) ont ainsi été découvertes.

Sur 20 km², pas moins de quatre sites du Paléolithique moyen récent ont été découverts. Cette période correspond au début de la dernière glaciation (entre 110 000 et 70 000 ans) où le climat reste tempéré malgré quelques épisodes de froid intense.


© INRAP

Le Bassin parisien était déjà cosmopolite !

Trois ensembles distincts spatialement et stratigraphiquement témoignent de comportements techniques et économiques différents. Le premier ensemble est représenté par une concentration d'outils produits vraisemblablement hors du site. Ils témoignent d'une forte anticipation des groupes humains qui connaissent par avance l'outillage qui leur sera nécessaire. Celui-ci se compose essentiellement d'éclats de dimension moyenne, autour de 5 cm, dont les bords sont très travaillés pour façonner une pointe. De plus, la présence d'une pièce bifaciale (outil retouché sur les deux faces) de grande dimension dans cet ensemble est assez inattendue.

Le second ensemble se distingue par la présence de courtes séquences de taille du silex aux côtés d'outils retouchés. La production semble se faire en fonction des besoins immédiats, les nucléus, pièces destinées à produire des éclats, étant transportés par les hommes. Les traditions techniques déployées évoquent des savoir-faire du Paléolithique moyen du nord de la France. La production d'éclats allongés (« lame ») est caractéristique d'une longue période, mais est très présente au début de la dernière glaciation conformément à la date de 97 000 ans obtenue par thermoluminescence sur un silex brûlé. Le troisième ensemble témoigne aussi de comportements humains différents : les productions sur place semblent plus importantes, certaines concentrations évoquent des postes de taille.

Cette diversité des industries lithiques sur un temps et un espace aussi restreints est unique pour le nord-ouest de l'Europe, parfois considéré comme un bloc culturel monotone. Elle questionne sur le peuplement de la région : faut-il y voir une rapide évolution interne des groupes ? Ou considérer le Bassin parisien comme un véritable carrefour où de nouvelles populations se succèdent ? Les travaux en cours s'attachent à répondre à ces questions.

Etre paysan dans une ferme antique

Les découvertes des archéologues de l'Inrap s'étalent sur les siècles. A Saint-Clément (Yonne), ils ont découvert une panoplie d'outils agricoles du III^e siècle dans la cave incendiée d'une ferme antique. Fouillé à l'automne 2015, le site a livré d'intéressants vestiges de l'âge du Bronze et une partie de *villa* antique. Cet ensemble unique permet de mieux comprendre l'organisation et le fonctionnement des fermes gallo-romaines.

C'est à la périphérie nord-est de Sens, sur le territoire des Sénons, que se situe la commune de Saint-Clément. La *villa* mise au jour s'inscrit dans un réseau d'établissements agricoles en charge de l'approvisionnement de l'antique *Agedicum* (Sens) en denrées alimentaires (céréales, viandes). Ces domaines s'articulent en *pars urbana* (la résidence du propriétaire) et *pars rustica* (constructions dévolues à l'exploitation agricole) où a été mise au jour la partie du bâtiment fouillé. Elle consiste en une pièce, une cave et un hypocauste (système romain de chauffage au sol).

Au milieu du III^e siècle, un incendie ravage le bâtiment qui s'effondre et piège tout le contenu d'une pièce et de sa cave. Près de 1800 ans plus tard, les archéologues découvrent ainsi ce mobilier, stocké à l'époque par le personnel de la *villa*. L'enfouissement et la concentration des objets dans un lieu clos ont favorisé leur bon état de conservation et permettent aujourd'hui une lecture scientifique très cohérente.

Les habitants de Segobodium découvrent leur ville...

Si les découvertes archéologiques effectuées par l'Inrap sont destinées à être enfouies suite à la construction d'une route ou d'un immeuble, elles font souvent l'objet de portes ouvertes avant de disparaître à jamais.

C'est ainsi qu'à Seveux, en Franche-Comté, les habitants ont pu découvrir cette année les premiers vestiges de l'ancienne agglomération antique correspondant à leur village, datés entre le Ier siècle et le III^e siècle de notre ère.

À quelques mètres de la Grande Rue émergent les vestiges de la voie romaine, un des axes principaux de la ville antique. Elle croise une voie plus petite, sorte de rue ou de venelle : de chaque côté s'installent des zones d'habitations ou d'artisanat. Au fond du chantier, les habitants ont aménagé des pièces chaudes avec hypocaustes (système antique de chauffage par le sol).

La fouille de ce secteur de Segobodium pourra permettre de mieux appréhender l'organisation et surtout la chronologie de cette agglomération antique qui apparaît comme l'une des plus importantes de Franche-Comté.

La plus complète panoplie d'outils jamais recensée

En tout 200 objets ont été répertoriés, sans compter la clouterie et les éléments de quincaillerie. Après inventaire détaillé, ce lot d'outils métalliques correspond à l'ensemble du matériel préconisé par les agronomes latins pour le bon fonctionnement d'une exploitation agricole. Cette découverte permet donc d'illustrer les textes de théoriciens comme Caton (*De agri cultura*, IIe siècle avant notre ère) ou Palladius (*Opus agriculturae*, Ve siècle de notre ère). Ce mobilier reflète la multiplicité des travaux menés sur la ferme et les trois principaux domaines d'activités : le travail des végétaux et de la terre, le transport des personnes et des productions, le matériel lié aux échanges commerciaux.

43 objets appartiennent au domaine de la production et du travail de la terre : différents modèles de serpes, deux lames de faux, une enclumette à rebattre les lames agricoles, plusieurs modules de haches, cinq « coupe-chardons », des outils liés au travail du bois (ciseaux, scies, gouges), au travail de la terre (soc d'araire, fourches à dents, pelle/bêche), ou encore à l'élevage (sonnaille, lames de forces à tondre, entrave animale). Le domaine des transports est représenté par des objets associés aux attelages et véhicules, des ferrures animales et des éléments de harnachement. Des éléments de balances dites romaines - *staterae* en latin - renvoient quant à eux aux échanges commerciaux.

Du point de vue scientifique, la trouvaille est exceptionnelle : si des sites urbains figés dans le temps, tels que Pompéi ou Herculanum, ont documenté de manière précise de nombreux aspects de la vie quotidienne, les activités agricoles y sont peu représentées. La découverte de Saint-Clément n'a pour l'instant aucun équivalent en milieu rural : elle présente une rare prise directe avec le travail agricole du monde antique.



© INRAP

Une ferme gallo-romaine « ultra-moderne » en Bretagne

Voies, fossés, enclos d'habitation, forge... l'organisation de ce domaine rural découvert sur les communes de Bédée et Pleumeleuc (Ille-et-Vilaine) semble très structurée. Bien que le site ait été fréquenté dès l'âge du Bronze (autour de 2000 avant notre ère), les recherches actuelles se concentrent sur l'occupation antique (Ier-IIIe siècle ap. J.-C), soit à la même époque que les outils précédemment cités.

Ce domaine rural gallo-romain est structuré par un réseau de fossés formant un système parcellaire. Au nord de l'emprise, un grand enclos rectangulaire (plus de 100 mètres de long et 50 mètres de large) correspond à une zone d'habitat. Des traces de bâtiments construits sur poteaux, en matériaux périssables (torchis) et couverts de tuiles à la romaine (*tegula*) ont été identifiées.


© INRAP

De nombreuses fosses d'extraction d'argile utilisées pour confectionner les murs des maisons ont également été décelées. Après usage, ces fosses ont servi de dépotoirs et elles livrent un mobilier archéologique varié : tessons de poteries diverses, rejets de foyer, fragments de terre cuite, clous en fer, os brûlés, etc. La découverte de pesons en terre cuite et de poids en granite signale des activités de tissage sur le site. Un ensemble de fours et de foyers témoigne d'activités domestiques (cuisson des aliments) ou artisanales (grillage de céréales…).

En dehors de l'enclos, la présence d'une zone dédiée à une activité de métallurgie, probablement une forge, est attestée par la découverte de scories (déchets métalliques) dans des fosses. Les traces du bâtiment de forge ont été repérées au sol, sous forme d'empreintes de trous de poteaux.

Une voie romaine jusqu'alors inconnue !


© INRAP

Plus au sud, le long de la route départementale 72 (parallèle à la 4 voies Rennes/Saint-Brieuc), les archéologues ont découvert une voie romaine inédite d'environ 12 mètres de large, délimitée par deux fossés parallèles, orientés est-ouest. Cet axe de circulation, inconnu à ce jour, a semble t-il marqué le paysage durablement puisqu'un chemin creux encore en usage au XIXe siècle reprend en partie son tracé.

Autre élément remarquable : un mobilier particulièrement abondant et varié (céramique, verre, métal et faune) a été recueilli sur le bas-côté de la voie antique, à hauteur d'un petit enclos délimité par un fossé. Cette installation pourrait correspondre à un gîte d'étape ou un relais permettant le repos et le ravitaillement des hommes et des bêtes. Ce type de structure assez répandu le long des voies en Gaule romaine n'a été que très rarement identifié en Bretagne.

Intaranum, antique cité de Bourgogne

Plus à l'est de la Gaule romaine, c'est une ville entière que les archéologues de l'Inrap exhument depuis 2008 à Entrains-sur-Nohain (Nièvre). Plus de 5000 m² ont été fouillés, révélant un quartier résidentiel antique dont l'organisation a peu changé depuis le IVe siècle. La richesse des vestiges mis au jour fait d'*Intaranum* un site antique majeur en Bourgogne.

Située au nord du territoire des Eduens (peuple gaulois dont Bibracte était la capitale), l'agglomération antique d'*Intaranum* s'étend sur environ 70 hectares. Elle doit sa prospérité au travail du fer durant le Ier siècle. Au milieu du IIe siècle, un vaste plan d'urbanisme fait disparaître les ateliers de forgerons au profit de quartiers résidentiels. L'espace est découpé en petites parcelles indépendantes. Au IIIe siècle, des gens fortunés acquièrent plusieurs propriétés qu'ils transforment progressivement en vastes et luxueuses demeures.

La salle de bain d'une des demeures était richement ornée. Des milliers de fragments de stucs y ont été retrouvés et prélevés. Travaillé en relief, ce mortier peut être modelé, moulé ou tiré au gabarit pour créer le motif souhaité. Leur étude, actuellement en cours, révèle un plafond peint et stuqué. Ici, le décor, géométrique, est constitué d'octogones bordés d'une bande rouge et de carrés bordés d'une bande bleue. Chaque caisson est orné d'un motif : des feuillages et fleurons aux larges pétales, deux oiseaux et des personnages incomplets. Deux têtes de belle facture et en fort relief sont toutefois intégralement conservées. L'une d'elle, aux traits enfantins et aux cheveux teintés de jaune, évoque un petit amour. L'un des personnages tient une sorte de serpe ou de faux. Au centre du plafond, un large médaillon circulaire est également orné. L'importance des reliefs est peu fréquente pour un plafond, ainsi que la richesse et la grande diversité des motifs.



© Cliche-P-Gerbert-INRAP

Des intérieurs luxueux étonnamment conservés



© Cliche-P-Gerbert-INRAP

Ces vestiges sont exceptionnels et rares. Leur bonne conservation permet de restituer et de comprendre l'organisation du décor. Par ailleurs, si le stuc est le plus souvent une moulure ornant des décors peints, il est ici l'élément central de l'ornementation : il n'est plus secondaire, mais véritablement mis en valeur par les bandes d'encadrement de couleur. En France, seuls une vingtaine de décors à dominante stuquée sont répertoriés, pour la plupart assez mal conservés et issus de fouilles très anciennes. On y compte par ailleurs peu de plafonds, qui plus est avec figurations. Cet ensemble est le plus complet à ce jour découvert en France.

Ces vestiges révèlent le statut social élevé des occupants de cette demeure et la présence à *Intaranum* de commanditaires aisés et d'artisans hautement qualifiés. Ils datent, au plus tôt, de la fin du IIe siècle et documentent la mode décorative d'une époque où l'artisanat du relief semble connaître un renouveau en Gaule romaine. Certains motifs font écho à d'autres décors mis au jour à Autun.

La fouille et l'analyse des peintures, stucs et revêtements décoratifs enduits sont l'objet d'une étude très spécifique. Le spécialiste procède tout d'abord au dégagement minutieux et au prélèvement des milliers de fragments livrés par le chantier. L'immense puzzle est reconstitué dans de grands bacs à sable, le spécialiste rassemblant progressivement les pièces pour parvenir à comprendre la nature et l'organisation du décor. Leur analyse permet aussi de restituer les volumes et l'architecture des pièces et de mieux comprendre les bâtiments romains, leur fonction et le mode de vie de leurs propriétaires.

Des musulmans inhumés en France au Moyen-Age

Au début du Moyen Age, la rapide conquête arabo-islamique a entraîné de profonds changements politiques et culturels dans le monde méditerranéen. Si la présence musulmane au sein de la péninsule ibérique à l'époque médiévale est bien documentée, son expansion en France ne l'est qu'assez peu. Des chercheurs de l'Inrap et de l'UMR Pacea, Université de Bordeaux, ont découvert le premier témoignage archéologique et anthropologique de cette présence musulmane en France, durant le premier Moyen Age.



© INRAP

Préalablement à la construction d'un parking souterrain à Nîmes, les fouilles réalisées par l'Inrap ont mis en évidence un quartier résidentiel antique de la cité, ainsi qu'une vingtaine de sépultures. Parmi celles-ci, trois inhumations d'hommes se distinguent par la position du corps des défunts, déposés sur le côté droit, la face orientée vers le sud-est.

La position du corps, la tête orientée vers la Mecque, comme le dépôt direct dans une fosse sont des caractéristiques évoquant les rites musulmans. Dans deux sépultures, la forme du creusement des fosses présente un surcreusement latéral qui n'est pas sans rappeler le dispositif « al-lahd » de la tradition musulmane.

Des soldats berbères ?

La réalisation de plusieurs datations radiométriques sur les trois individus permet d'en préciser l'âge : entre le VII^e siècle et le IX^e siècle de notre ère. Ces données archéologiques font écho à des sources historiques qui documentent cette présence musulmane durant la première moitié du VIII^e siècle. Ainsi, la Chronique de Moissac attesterait l'existence de musulmans à Nîmes, dès 720.

Au vu des premiers résultats et afin d'en savoir plus sur l'identité des individus, une analyse paléo-génétique a été entreprise. Les résultats plaident en faveur d'une origine nord-africaine de ces trois hommes, du moins en ce qui concerne leur lignée paternelle. L'ensemble de ces données suggère que les squelettes découverts dans les tombes de Nîmes appartenaient à des soldats berbères enrôlés dans l'armée omeyyade durant l'expansion arabe en Afrique du Nord.

Non seulement cette découverte apporte les premières données anthropologiques et génétiques sur l'occupation islamique du territoire wisigothique de la Septimanie (le sud-est de la France), mais elle souligne également la complexité de la relation entre les deux communautés durant cette période.

Un château oublié en plein cœur de Lille

Lorsqu'elles sont effectuées au centre d'une ville, les recherches archéologiques permettent parfois de révéler des pans entiers de son histoire jusqu'alors parfaitement inconnus. Ainsi, les fouilles réalisées l'an dernier par l'Inrap à Lille, sur une emprise de 5 800 m², à la frontière entre le quartier d'affaires Euralille et le quartier plus résidentiel de Fives, a révélé une occupation du site depuis le Ier siècle avant notre ère jusqu'au XVIII^e siècle. Et l'existence d'un château mystérieux...

De la céramique et des ossements d'origine animale, mais aussi de multiples fosses découvertes dans une terre marécageuse témoignent d'une occupation dès le I^er siècle avant notre ère. D'ouest en est, trois grands fossés parallèles semblent marquer la présence d'un parcellaire antique probablement lié à un établissement rural à proximité.

Au Moyen Âge (XIV^e-XV^e siècles), le site est encore occupé, comme en témoigne une série de très grandes fosses, probablement à usage artisanal. Il pourrait s'agir de la basse-cour

du château de la Phalecque, attesté à cette époque dans les archives et qui aurait laissé place à l'édifice fouillé par les archéologues.

Des différents châteaux qui se sont succédé sur ce site, seuls subsistent les vestiges archéologiques. La fouille a mis en évidence l'édifice du XVIe siècle et des communs desservis par des chemins, dont l'un menait à un gué maçonné. Ce château de plan trapézoïdal présente une maçonnerie particulièrement soignée : la base talutée, composée de blocs de calcaire et de briques avec parement de grès, présente des arcs de décharge sur deux côtés. La première vocation du château semble être défensive : il est entouré d'un fossé dans lequel les archéologues ont mis au jour des boulets de canon en métal et en pierre portant des traces d'impacts. La découverte témoigne des périodes de conflits entre le Royaume de France et les Flandres et de la position vulnérable du château aux portes de Lille.


© JP Pepek Balloïde, Inrap

Du Ier siècle avant notre ère jusqu'au XVIIIe

Les planches et pieux en bois qui servaient à stabiliser ce fossé d'enclos, remarquablement conservés dans ce milieu assez humide, permettront d'affiner la datation de l'occupation grâce à la dendrochronologie (étude des cernes des bois). Les nombreux objets exhumés du fossé, comme les services de table (verreries de Venise, cuillères en argent, céramiques de Delft), reflètent également le niveau de vie privilégié des résidents. Des fragments de vitraux, de poêle à bois domestique, des éléments de pompe à bras pour puiser l'eau, des carreaux de pavements décorés, des épis de faîtage modelés, des éléments de construction métalliques ainsi que les nombreux blocs de calcaire sculptés récoltés laissent entrevoir le mode de construction de ce logis.

Fin XVIIe - début XVIIIe siècle, l'édifice du XVIe siècle est arasé et réaménagé en jardin tandis qu'un nouveau logis est construit au sud, en front de parcelle. En témoigne la série de caves découverte lors des fouilles, ainsi qu'une pièce attenante comportant un sol en béton de tuileau étanche et un puisard et qui a pu servir de buanderie. Témoin de la fonction résidentielle du nouveau château, une « folie » occupait le fond de jardin. À l'image du pavillon français du petit Trianon de Versailles, ce petit édifice présentait une rotonde entourée d'un couloir circulaire reliant quatre pièces quadrangulaires réparties en croix.

Lors du dernier siège de Lille par les Autrichiens, en 1792, le château de la Phalecque sert de poste avancé pour les assiégeants et abrite 300 uhlans. Pour une meilleure défense de la ville, il est ensuite décidé de créer un no man's land autour de ses remparts et de détruire définitivement la propriété. Laquelle aurait été complètement oubliée sans les recherches menées par les archéologues...


© Dominique Bossut, Inrap.





Le Gouffre de Padirac : là est née la spéléologie



© D. Butaeye/SES de Padirac (Collection : SES de Padirac)

Situé dans le département du Lot, le Gouffre de Padirac est classé premier site du patrimoine souterrain français. Il est considéré comme l'une des plus grandes curiosités géologiques de France. Ce que l'on connaît moins, c'est son découvreur en 1889, le père fondateur de la spéléologie moderne.

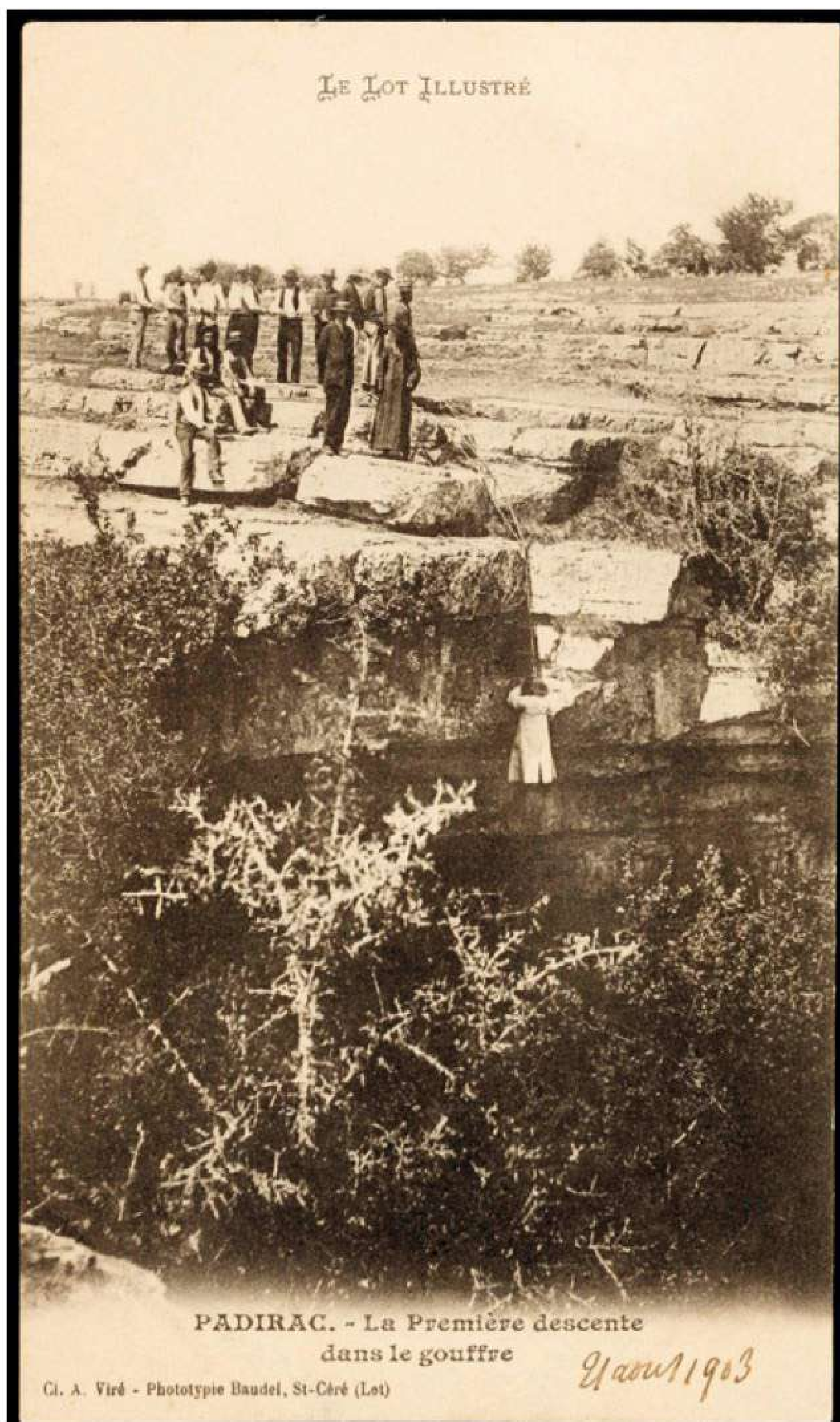
Quand la « « spelaelogie » se faisait à la bougie...

Edouard-Alfred Martel (1859-1938) était promis à une carrière d'avocat. Partagé entre sa passion et le tribunal, il saute le pas dès 1888 pour s'orienter définitivement vers l'exploration. Et il accumule les découvertes. Ses travaux sur l'hygiène des sources et la propagation de certaines épidémies, aidés par le professeur Eugène Fournier, lui ont valu le titre de « Bienfaiteur de l'Humanité » et sont à l'origine de la « Loi Martel ». Promulguée le 15 février 1902, elle interdit « le jet de bêtes mortes... dans les cavités naturelles du calcaire ».

Edouard-Alfred Martel n'a pas seulement fait avancer la loi sur la préservation des eaux souterraines, il est aussi à l'origine de la création des parcs nationaux. En 1913, après sa visite de la Vallée du Yosemite, sur la côte ouest des Etats-Unis, protégée par décret depuis 1864, Edouard-Albert Martel publie une étude à propos des parcs nationaux dans le monde. Il en propose une définition : « réserve territoriale, à limites précises, à l'intérieur desquelles une disposition légale appropriée conserve et protège - contre toute destruction, détérioration ou défiguration du fait de l'homme - les composantes naturelles, faune, flore, sites pittoresques, et particularités géologiques ou hydrologiques ».
Edouard-Alfred Martel suggère à l'État français de classer, en vertu de cette définition, plusieurs centaines de sites dans soixante-dix départements.

Le Gouffre de Padirac s'inscrit dans la longue histoire de la spéléologie. Si les balbutiements de cette « discipline » ont vu le jour au XIIIe siècle et plus précisément en 1213, en Autriche, c'est seulement au XVIe siècle qu'on commence à voir véritablement apparaître les récits plus ou moins réalistes de certaines explorations. Mais il faudra attendre le XIXe siècle et l'intrépide Martel pour que la spéléologie gagne ses lettres de noblesse.

Juin 1888 est marqué par une succession de découvertes importantes qui participeront à la naissance de la spéléologie moderne, telle que la traversée intégrale de l'abîme



©A. Viré (Collection : SES de Padirac)

La première descente dans le Gouffre en 1889.

« Nul être humain ne nous a précédés dans ces profondeurs, nul ne sait où nous allons ni ce que nous voyons, rien d'aussi étrangement beau ne s'est jamais présenté à nos yeux, ensemble et spontanément nous nous posons la même question réciproque : est-ce que nous ne rêvons pas ? »

Edouard-Alfred Martel

de Bramabiau par Edouard-Alfred Martel, mettant à jour deux kilomètres de galeries souterraines.

Juillet 1889 marque l'année de la consécration de la spéléologie française. En effet, c'est au cours de sa 24e expédition que Martel et son équipe découvrent le Gouffre de Padirac. A midi, ce 9 juillet 1889, équipé de bougies, de cordes en chanvre, de lourdes échelles de corde aux barreaux de bois et de bêtes de somme, Edouard-Alfred Martel descend dans le Gouffre.

Suspendu à un câble long de 75 mètres, il s'enfonce au centre de la Terre. Lorsque son pied touche le sol, il pénètre dans cet abîme alors nommé d'après les croyances locales : « le trou du diable ». Martel et son équipe se lancent à la découverte de l'inconnu. Stoppés dans leur expédition car le niveau d'eau devenait impraticable, ils rebroussent chemin.

Le lendemain, dès l'aube, Martel redescend muni d'une lampe à magnésium, et d'un canot pour naviguer sur ce qui deviendra plus tard la Rivière Plane. Isolée dans ces profondeurs, l'expédition avance silencieusement malgré la peur de l'inconnu... Padirac est né !

En 1890, le mot « spelaelogie » est inventé. Il deviendra ensuite spéléologie.

Un site unique en Europe

Cavité naturelle d'un diamètre de 33 mètres et d'une profondeur de 75 mètres, ce puits gigantesque attire chaque année près de 450 000 visiteurs.

On y descend par 3 ascenseurs. Les plus courageux empruntent dans un premier temps un escalier d'inspiration Eiffel, totalisant 208 marches sur les 560 qu'ils s'apprêtent à parcourir. La visite du gouffre commence par la découverte de galeries accessibles uniquement à pied. On découvre une roche sculptée et polie par des siècles d'érosion. Quelques centaines de mètres plus loin, un embarcadère : la visite se poursuit au fil de l'eau.

La rivière d'habitude profonde de 50 centimètres se transforme en lac de 4 mètres de profondeur appelé Lac de la Pluie. Apparaît alors une majestueuse stalactite de 60 mètres de long, suspendue à quelques centimètres seulement au-dessus de l'eau : la Grande Pendeloque. Des larmes de pluie coulent le long de sa paroi et viennent se noyer dans le lac. Le spectacle est grandiose.

Pour continuer dans les entrailles de la terre, il faut quitter la barque et marcher jusqu'au Grand Dôme, véritable cathédrale souterraine de 94 mètres de hauteur. Son décor se compose de fleurs de calcaire ruisselant, de bénitiers d'albâtre, de piles d'assiettes, de drapés, de dentelle, de stalactites et de stalagmites. En redescendant de la salle du Grand Dôme, on plonge sur la Grande Colonne, spectaculaire stalactite de 75 mètres de hauteur.


© L. Nespoulous/SES de Padirac (Collection : SES de Padirac)

L'orifice du Gouffre avec le Grand Escalier.

Un merveilleux lieu d'aventure et d'apprentissage

Le Gouffre de Padirac constitue un site géologique touristique majeur à l'échelle mondiale. Mais il est de surcroît un objet d'étude grandeur nature pour observer le cycle de l'eau ou comprendre la formation de pareilles cavités.



© L. Nespoulous/SES de Padirac (Collection : SES de Padirac)

La Salle du Grand Dôme - Le Lac Supérieur.

La rivière souterraine de Padirac résulte naturellement du cycle de l'eau sur notre planète. L'eau des océans s'évapore à la chaleur du soleil. Elle rejoint alors l'atmosphère sous forme de vapeur. La vapeur d'eau refroidit en s'élevant et elle finit par former des gouttes qui se condensent en nuages. L'eau des nuages tombe sur les continents lors des précipitations de pluie ou de neige.
Arrivées à la surface, les gouttes s'infiltrent dans la terre et la roche pour engendrer de petits ruisseaux souterrains, qui se rejoignent ensuite pour former une rivière souterraine.
Le cheminement des gouttes d'eau n'est pas fini pour autant ! A Padirac, cette rivière souterraine fait surface à sa résurgence, la Fontaine St Georges, puis se jette dans la Dordogne. Son cours la mènera jusqu'à l'océan, d'où elle s'évaporera à nouveau pour perpétuer l'immuable cycle de l'eau.

Mais comment s'est formé le Gouffre lui-même et ses immenses stalactites et stalagmites ? Il découle du système Karstique, lequel consiste en un modelage des sols par l'action de l'eau de pluie qui s'infiltre dans leurs failles. Cette eau se charge en dioxyde de carbone au contact de la végétation. Le CO_2 la rend légèrement acide, et cette acidité dissout le calcaire et agrandit les failles. C'est ainsi que se forment les vides souterrains comme les salles et les canyons.
En surface, le système Karstique fait apparaître des creux dans le sol appelés dolines, qui sont parfois si profonds qu'on les qualifie de gouffres (« igues » dans le Quercy). Les concrétions se forment par réaction inverse : l'eau, en traversant l'air, dégaze le CO_2, devient moins acide et dépose ainsi du calcaire

La science a vaincu le Diable

Abîme mystérieux avant son exploration, le Gouffre de Padirac a nourri l'imaginaire collectif.

La légende rapporte que Saint-Martin, de promenade sur le Causse à la recherche d'âmes damnées à sauver, y a rencontré Satan qui lui aurait lancé un défi : surmonter l'obstacle qu'il lui désignerait, contre son sac rempli d'âmes. Le Malin aurait alors frappé le sol si fort de son pied fourchu qu'une brèche impressionnante s'y serait ouverte.

La monture de Saint-Martin aurait relevé le défi sans difficulté, avec une telle fougue que l'empreinte de son sabot serait encore gravée au sol ! Furieux, Satan aurait disparu au fond du Gouffre... de Padirac.

sur la roche. Nombreuses sont les concrétions qui font du Gouffre de Padirac un décor fantastique : stalactites, stalagmites, drapés ou encore gours, barrages de calcaire formés par la rivière... Ces sculptures de la nature sont exceptionnelles.

Ne croyez pas que ce Gouffre soit inhabité. Il est même le garant de l'équilibre de la biodiversité. Pas moins de 11 espèces de chauves-souris dont 3 menacées ont pris leurs quartiers dans les parties non aménagées du Gouffre de Padirac ! Dans la rivière souterraine vit une faune aquatique telle que la Niphargus, petite crevette cavernicole blanche et aveugle très fréquente dans les cavités, ainsi qu'une espèce unique, la Bythinelle de Padirac. Comme son nom l'indique, ce petit escargot aquatique de 3 mm ne vit que dans cette rivière souterraine ; il s'agit d'une espèce endémique.



© e.Rupin/collection Renouard

Les découvreurs de la rivière souterraine, 1889.

« *Sous terre, nous ne sommes que des invités.* »

Conseiller scientifique du Gouffre de Padirac, Alain Mangin est Membre de la société géologique de France et directeur de recherche au CNRS. Il nous donne ses impressions...

Dans quel cadre avez-vous découvert le Gouffre de Padirac ?

Je suis un scientifique passionné et régulièrement le Gouffre de Padirac ouvre ses portes à des spéléologues chevronnés. Nous en profitons pour visiter le Gouffre en profondeur et découvrons les parties cachées qui ne sont pas encore ouvertes au public.

Qu'avez-vous ressenti lorsque vous y êtes descendu pour la première fois ?

Beaucoup d'émotion bien sûr. J'ai pensé aux spéléologues de l'époque qui descendaient avec des habits qui n'étaient pas forcément adaptés. Ils n'avaient à l'époque comme seul équipement que des bougies et des lampes à main. J'imagine très bien Martel ébloui par tant de splendeur. De nos jours, les techniques ont considérablement évolué aussi bien dans les moyens, les outils, la préparation et l'organisation. Certaines expéditions sont constituées de plusieurs nationalités.

Pourquoi le Gouffre de Padirac est-il unique ?

En bas, tout est calme, serein et paisible. Ce qui est spectaculaire, ce sont les grands vides formés. L'ampleur de ceux-ci est liée au travail de l'eau. Le Gouffre de Padirac se distingue par l'importance de l'ornementation stalagmitique telle que la Grande Pendeloque ou le Grand Dôme. Mais par aussi une rivière souterraine qui s'étend sur 20 km identifiés et une suite de galeries et de salles...
Mais Padirac n'a certainement pas dévoilé tous ses mystères, il en reste probablement beaucoup à découvrir...


© L. Nespoulous/SES de Padirac (Collection : SES de Padirac)

La Salle du Grand Dôme - Le Lac Supérieur.

Pour aller plus loin...

◗ « *Le Gouffre de Padirac - Retour sur de fabuleux exploits* », bande dessinée de Laurent Bidot (scénariste) et Lucien Rollin (dessinateur) - Editions Glénat 2016 - 48 pages - 13,90 € (éditée en version anglaise au prix de 9,95€).

◗ « *Les visites Explorateurs* » :
Les 22 juillet et 20 août 2016, le Gouffre de Padirac vous invite à partir à l'aventure en devenant, le temps d'une soirée, un explorateur pour découvrir (ou redécouvrir), à pied et en barque, le Gouffre plongé dans le noir tel que Édouard-Alfred Martel l'a découvert en 1889. Eclairés à la lanterne et accompagnés d'un guide, vous entendrez les exploits d'Édouard-Alfred Martel tout au long du parcours. Une expérience à vivre !

46500 PADIRAC
Tél : +33 (0)5 65 33 64 56
info@gouffre-de-padirac.com

Conscient et inconscien



t... Où est la limite ?



Jamais vraiment au repos, notre cerveau jongle constamment entre ses pensées conscientes et inconscientes. Ces dernières lui sont indispensables pour ne pas être débordé !
Parmi les dernières découvertes sur le fonctionnement du cerveau, nous découvrirons aussi comment il détecte les émotions transmises par la voix ou comment peuvent se forment de faux souvenirs... bien problématiques !

Le conscient et l'inconscient travaillent de concert

Notre cerveau est constamment bombardé d'informations sensorielles. Des chercheurs de Neurospin (CEA/Inserm) ont découvert comment, loin d'être surchargé, le cerveau est un véritable expert dans la gestion de ce flux d'informations.



Les chercheurs ont mesuré l'activité du cerveau de 15 participants, pendant que ces derniers devaient repérer une image « cible » dans un flux de 10 images par seconde. Les neurobiologistes ont ainsi pu observer trois opérations successives permettant aux participants de traiter et de trier le flux d'images.

Ainsi, même si une dizaine d'images est présentée chaque seconde, chacune de ces images est analysée par les aires sensorielles du cerveau pendant environ une demi-seconde. Ceci constitue une première phase de traitement automatique, inconscient et sans effort pour nous.
Ensuite, lorsqu'on demande aux participants de porter attention et de mémoriser une image en particulier, ce n'est pas uniquement l'image « cible » qui est sélectionnée, mais toutes les images qui sont encore en cours de traitement dans les régions sensorielles. L'attention du sujet aura pour effet d'amplifier les réponses neuronales induites par ces images.

La troisième phase de traitement correspond au rapport conscient du sujet. Seule l'une des images sélectionnées induit une réponse cérébrale prolongée et impliquant les régions pariétales et frontales. C'est cette image que le sujet indiquera avoir perçue.

« Dans cette étude, nous montrons que le cerveau humain est capable de traiter plusieurs images simultanément, et ce de manière inconsciente », explique le chercheur Sébastien Marti, qui a signé cette étude avec Stanislas Dehaene, directeur de Neurospin (CEA/Inserm). *« L'attention booste l'activité neuronale et permet de sélectionner une image spécifique, pertinente pour la tâche que le sujet est en train d'accomplir. Seule cette image sera perçue consciemment par le sujet »*.



Assailli par un nombre toujours croissant d'informations, notre cerveau parvient ainsi, malgré tout, à gérer le surplus de données grâce à un filtrage automatique, sans effort, et un processus de sélection en trois phases. Les avancées technologiques en imagerie cérébrale et dans les sciences de l'information ont donné un formidable coup d'accélérateur à la recherche en neuroscience, et cette étude en est un bel exemple.

Plusieurs études ont démontré que le cerveau était potentiellement capable d'analyser jusqu'à 70-80 images par seconde.

Le cerveau se repose-t-il parfois ?

Pas vraiment, il reste toujours en sentinelle... Savez-vous ce qu'est le réseau du mode par défaut à l'état de repos ? Francis Eustache, Président du conseil scientifique de l'Observatoire B2V des mémoires et Directeur d'Etudes à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE), décrypte le phénomène...



Ce phénomène a été décrit assez récemment, fin des années 1990 début 2000. Un chercheur américain, Marcus Raichle, a été le premier à formaliser l'activité du cerveau au repos. Il a introduit ce concept de réseau du mode par défaut, c'est-à-dire un réseau qui s'active « par défaut » quand le sujet n'est pas engagé dans une activité dirigée vers des stimulations précises.
Ce processus neurophysiologique a été mis en évidence grâce à l'imagerie cérébrale, dans un premier temps avec la Tomographie par Emission de Positons (TEP), puis avec l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) au repos.

Dans les premières études réalisées en TEP, les chercheurs demandaient de réaliser des tâches à des sujets, puis ils effectuaient une mesure de repos (sans activité et sans focaliser son attention sur une pensée particulière), qui était considérée comme une situation « contrôle ». On considérait alors que le cerveau allait être « au repos ». Or, lors de cette mesure au repos, un réseau s'activait, ce qui suggérait que le cerveau n'était donc pas au repos. Des régions médianes du cerveau entraient en activité.

Exemple de situation qui sollicite le réseau du mode par défaut : dans la voiture sur l'autoroute en période calme, tout va bien, on conduit tranquillement. Le cerveau est en mode par défaut. Dès qu'un danger se présente, le sujet focalise son attention et sort automatiquement de ce mode par défaut.



Quelles sont les fonctionnalités du réseau du mode par défaut ? D'une part un rôle de sentinelle (le sujet surveille l'environnement de façon diffuse), et d'autre part, pendant le même temps, le sujet se tourne vers lui-même, vers ses pensées internes, le passé (mémoire autobiographique), le futur. Il se tourne vers une pensée imaginative, plus ou moins fantaisiste, pas forcément structurée, principalement consciente mais pas uniquement. La randonnée et la course sont également de bons exemples de situations où le réseau du mode par défaut s'active.

A quoi cela sert-il ? Ce sont des moments très importants pour l'équilibre psychique et pour la consolidation de la mémoire, qui vont conduire à faire la synthèse, la restructuration, la réorganisation de la mémoire. A noter que ce réseau est déstructuré dans nombre de pathologies neuropsychiatriques.

En « mode par défaut », notre cerveau est toujours en sentinelle tout en se tournant vers ses pensées internes.

Voix et émotions : la clé est dans le front

La gestuelle et les expressions faciales trahissent notre état émotionnel, mais qu'en est-il de la voix ? Comment une simple intonation permet-elle de décoder nos émotions, par exemple au téléphone ? Des chercheurs de l'Université de Genève ont découvert les régions cérébrales qui permettent à l'homme de catégoriser les émotions transmises par la voix.



Chez les mammifères, la partie supérieure du lobe temporal est particulièrement liée à l'audition. Une zone spécifique est ensuite dédiée aux vocalisations de leurs congénères qui permet de les distinguer, par exemple, des bruits environnementaux. Mais la voix est plus qu'un son auquel nous sommes particulièrement sensibles, elle est aussi un vecteur d'émotions.

« Lorsque quelqu'un nous parle, nous utilisons les informations acoustiques que nous percevons chez l'autre et nous les classons selon diverses catégories, comme la colère, la peur ou la joie », explique Didier Grandjean, professeur à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation (FPSE) et au Centre Interfacultaire en Sciences Affectives (CISA) de l'UNIGE. Cette manière de classer les émotions est nommée la catégorisation. Il s'agit par exemple de déterminer qu'une personne est triste ou joyeuse lors d'une interaction sociale. Celle-ci se distingue de la discrimination, qui consiste à focaliser son attention sur un état particulier, par exemple détecter ou chercher quelqu'un de joyeux dans une assemblée. Mais comment le cerveau catégorise ces émotions et détermine ce que la personne exprime ? Pour répondre à cette question, l'équipe de Didier Grandjean a analysé les régions cérébrales sollicitées lors de la construction des représentations émotionnelles vocales.

Certaines zones du cerveau (le lobe temporal) traitent l'information sonore reçue, tandis que d'autres (le lobe frontal) détectent l'émotion perçue.

Seize personnes adultes ont participé à l'expérience. Elles ont été exposées à une base de données de vocalisations comprenant six voix d'hommes et six voix de femmes qui disaient des pseudo-mots sans signification mais prononcés de manière émotionnelle.

Dans un premier temps, afin d'observer quelle zone cérébrale est sollicitée pour la catégorisation, les participants devaient classer chaque voix comme colérique, neutre ou joyeuse. Dans un deuxième temps, afin d'observer la zone sollicitée par la discrimination, ils devaient simplement décider si une voix était colérique ou pas, puis joyeuse ou pas. *« Grâce à l'utilisation de l'imagerie à résonnance magnétique fonctionnelle, nous avons pu observer quelles zones s'activent dans chaque cas, et nous avons constaté que la catégorisation et la discrimination ne sollicitaient pas exactement la même région du cortex frontal inférieur »*, relève Sascha Frühholz, alors chercheur à la FPSE de l'UNIGE et actuellement professeur à l'Université de Zurich.

Contrairement à la distinction voix / bruits de fond qui se situe dans le lobe temporal, les actions de catégorisation et de discrimination sollicitent, elles, le lobe frontal, plus particulièrement les gyris inférieurs frontaux (en bas sur les côtés du front). *« Nous nous attendions à ce que le lobe frontal soit impliqué et nous avions prédit l'observation de deux sous-régions différentes qui s'activeraient en fonction de l'action de catégoriser ou de discriminer »*, précise Didier Grandjean. Dans le premier cas, c'est la sous-région *pars opercularis* qui correspond à la catégorisation de la voix, alors que dans le second cas, la discrimination, il s'agit du *pars triangularis*. *« Cette distinction est d'une part liée à des activations cérébrales sélectives aux processus étudiés, mais également due à la différence de connexions avec d'autres régions cérébrales que nécessitent ces deux opérations »*, précise-t-il. *« Lorsque nous catégorisons, nous devons être plus précis que lorsque nous discriminons. C'est pourquoi la région temporale, l'amygdale et les cortex orbito-frontaux - zones cruciales liées*

à l'émotion - sont beaucoup plus sollicitées et connectées au pars opercularis qu'au pars triangularis. »

Cette recherche, qui souligne la différence de sous-territoires fonctionnels dans la perception des émotions à travers la voix, relève que, plus les processus liés à l'émotion sont complexes et précis, plus le lobe frontal et ses connexions avec d'autres régions cérébrales sont sollicités. Il y a donc une distinction entre le traitement des informations sonores de base (distinction entre bruits environnants et voix) effectué par la partie supérieure du lobe temporal, et celui des informations de haut niveau (émotions perçues, significations contextuelles) effectué par le lobe frontal. C'est bien ce dernier qui permet l'interaction sociale en décodant l'intention de son interlocuteur. « *Sans cette zone, on ne peut plus se représenter les émotions de l'autre grâce à sa voix, on ne comprend plus ses attentes et on a de la difficulté à intégrer les informations contextuelles comme dans le sarcasme* », conclut Didier Grandjean. « *On sait donc à présent pourquoi une personne victime d'une lésion cérébrale qui toucherait les gyris inférieurs frontaux et les régions orbito-frontales ne parvient plus à interpréter les émotions liées aux dires de ses pairs et peut donc adopter des comportements socialement inadaptés.* »

Rechercher des signatures cérébrales de la conscience

Le Pr Lionel Naccache, de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (CNRS/ Inserm/UPMC) et chef du département de Neurolophysiologie clinique de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière AP-HP, développe une critique inédite du concept d' « état de conscience minimale ». Il propose une nouvelle classification des troubles de conscience qui combine les observations cliniques, sur lesquelles se fonde exclusivement la classification actuelle, et les données de l'imagerie cérébrale fonctionnelle.

Les perturbations pathologiques et durables de la conscience sont classiquement classées en trois catégories principales : le coma (où les malades ne sont ni éveillés, ni conscients), l'état végétatif encore appelé « état d'éveil non-répondant » (où les malades sont éveillés mais inconscients), et l'état de conscience minimale. Cette catégorie clinique introduite en 2002 se fonde notamment sur une échelle clinique devenue en quelques années le standard dans le domaine : la CRS-R, pour version révisée de l'échelle de sortie de coma.

Coma, état végétatif, état de conscience minimale : comment diagnostiquer si la personne est vraiment conciente ?

Dans cette synthèse, le Pr Naccache démontre que, si cette échelle est précieuse, les signes cliniques utilisés pour définir l'état de conscience minimale ne nous renseignent en réalité pas du tout sur l'état de conscience ou le contenu conscient des malades. Par exemple, dès qu'un malade est capable de suivre une cible visuelle des yeux, ou de répondre à un ordre sans être capable de s'engager dans une communication fonctionnelle, il est classé comme étant en état de conscience minimale.

L'auteur montre que la présence de ces signes, qui nous donnent peu d'informations sur la conscience du malade, permet par contre d'affirmer avec certitude que certaines régions du cortex cérébral du malade contribuent directement à son comportement. L'état de conscience minimale devrait ainsi être renommé « Etat médié par le cortex », ce qui en anglais se traduit par un anagramme du sigle utilisé : le passage de MCS (« Minimally Conscious State ») au CMS (« Cortically Mediated State »).

Savoir identifier cet état est capital en termes de diagnostic et de pronostic. Plus un patient est dans un état dit « CMS » (état médié par le cortex), plus il y a de chance qu'il puisse être conscient, avec plus ou moins de troubles cognitifs associés.

Toutefois le diagnostic de « MCS » (état de conscience minimale) ou de « CMS » (état médié par le cortex) ne permet pas de se prononcer quant au niveau de conscience du malade. Ce constat est renforcé par les nombreuses démonstrations d'activité corticale inconsciente établies depuis les années 1980.

Fort de cette démonstration, le Pr Naccache explique pourquoi il est désormais nécessaire de faire usage des données d'activation cérébrale enregistrées chez ces malades (essentiellement à l'aide de l'IRM fonctionnelle et/ou de l'électroencéphalogramme), en plus des signes cliniques comportementaux. Depuis une vingtaine d'années, plusieurs tests permettent de rechercher des signatures cérébrales de la conscience. Le Pr Naccache explique comment ce changement d'interprétation et de vocabulaire permettrait de clarifier notre connaissance de l'état de ces malades. La nouvelle classification proposée devrait stimuler le débat dans la communauté médicale et scientifique concernée. Elle vise à restaurer un accès à la subjectivité résiduelle de ces patients à l'aide de la neuro-imagerie fonctionnelle.

Vrais et faux souvenirs : voyage dans les réalités parallèles

Un professeur suisse propose un voyage fascinant au cœur des troubles de la mémoire et de la perception de la réalité, et notamment des faux souvenirs.

Qu'est-ce que la réalité ? Comment notre cerveau la distingue-t-il de l'imagination ? Et que se passe-t-il quand il ne le fait pas ? Depuis près de vingt ans, un professeur de l'Université de Genève (UNIGE) et des Hôpitaux universitaires de Genève (HUG) se penche sur ces questions. Son livre, *« The Confabulating Mind »*, publié aux Editions Oxford University Press, offre le récit étonnant de cas de confabulation - le souvenir d'événements qui n'ont jamais eu lieu - et de personnes vivant dans des « réalités parallèles ». Cet ouvrage résume en quelques chapitres l'histoire de la confabulation et présente des patients souffrant de ce trouble étrange. Au-delà de ces pathologies, ce livre aborde également un autre aspect : les faux souvenirs qui peuvent tous nous affecter et la manipulation, volontaire ou non, de la mémoire. S'il n'est pas grave d'enjoliver ses souvenirs d'enfance, il l'est beaucoup plus lorsque la condamnation ou la libération d'un accusé dépend d'un témoignage devant un tribunal.

Suite à un accident cérébral, certains patients se mettent à vivre dans une fausse réalité, souvent une sorte de reconstruction déformée de souvenirs réels. Mme B., victime d'un AVC, était ainsi convaincue qu'elle était psychiatre dans le service où elle était hospitalisée. C'était effectivement son métier, mais jamais dans cet hôpital, et elle avait pris sa retraite plus de quinze ans auparavant. Pourtant, elle passait ses journées à chercher ses patients et à planifier les détails d'une réception très chic qui se donnait, pensait-elle, le soir-même. Une réception qui s'était déroulée plus d'une décennie auparavant. Autre cas, une juriste, souffrant d'une inflammation du cerveau, se préparait jour et nuit pour un procès qui n'aura jamais lieu. Le point commun entre ces patientes qui semblent soudain incapables de savoir si un souvenir se rapporte au passé ou au présent ? La localisation de la lésion cérébrale, dans la région orbito-frontale, juste au-dessus des yeux.

Etre convaincu de la vérité d'un souvenir ne garantit pas son exactitude. *« Je me souviens d'une personne qui était persuadée que c'était le matin du 11 septembre 2001 que nous avions appris, ici à Genève, la nouvelle des attentats du World Trade Center »*, raconte Armin Schnider. *« Elle avait intégré dans sa mémoire les images de télévision qui montraient la ville de New York le matin, au moment des attentats, alors qu'en Europe nous étions déjà dans l'après-midi. »*



Présent, passé ou imaginaire ? Quelques millisecondes pour décider !

« En utilisant l'électroencéphalographie à haute résolution chez des sujets sains, nous avons mesuré la rapidité de traitement des informations par le cerveau », explique le professeur Armin Schnider, neurologue, directeur du Département des neurosciences cliniques de la Faculté de médecine de l'UNIGE et médecin-chef du service de neurorééducation des HUG. *« Nos études démontrent que le processus de filtrage de la réalité a lieu 200 à 300 millisecondes après l'évocation d'un souvenir ou d'une pensée. Par contre, la reconnaissance des informations transmises ne se fait qu'après 400 à 600 millisecondes. En d'autres termes, le cerveau décide si une pensée se réfère au présent ou non avant même que l'on se rende compte du contenu de cette pensée. Et tout semble dépendre d'une région précise du cerveau, le cortex*

orbito-frontal, et de ses connections. En effet, cette région cérébrale assure que nos pensées et nos actions restent en synchronie avec la réalité, même lorsque notre esprit flâne dans des fantaisies. »

En cas de dommage dans cette zone cérébrale, les patients n'ont plus la capacité de distinguer le vrai du faux, le passé du présent. Ils n'ont donc aucun moyen de se rendre compte que leur réalité est fausse. « *Nos récents travaux ont montré que les pensées subissent le filtrage de la réalité en même temps que le cerveau les encode. Ainsi, le cerveau stocke différemment les pensées qui se réfèrent au présent - la réalité - et celles qui ne s'y réfèrent pas - imaginaires et fantaisistes. Cette séquence nous permet ultérieurement de distinguer le souvenir d'un vrai événement de celui provenant de notre imagination* », indique Armin Schnider.



Quel mécanisme sous-tend cette perte de conscience de la réalité ? Les chercheurs genevois ont observé que, curieusement, les patients qui confondent la réalité ne remarquent pas que les événements qu'ils attendent ne se réalisent jamais, à l'instar de la juriste qui continuait à croire qu'elle devait préparer sa plaidoirie, bien que des éléments extérieurs la contredisent.

Cette observation confirme les résultats d'études plus anciennes ayant identifié des neurones dans la région orbito-frontale qui ne s'activent que lorsqu'une récompense attendue ne se matérialise pas. Si ces neurones ne fonctionnent plus correctement, les patients peuvent ainsi vivre dans une réalité « en boucle ».

Particulièrement présents dans la région cortico-frontale, ces neurones le sont également dans des zones voisines ; ce sont ainsi ces réseaux cellulaires redondants qui s'activeraient lorsque les réseaux principaux sont endommagés, expliquant ainsi que seuls 5% des patients ayant souffert d'un dommage - accident vasculaire, traumatisme ou autre - dans cette région développent une confusion de la réalité avec des confabulations. Armin Schnider précise : « *presque tous nos patients souffrant de confabulation ont retrouvé le sens de la réalité, bien que, souvent, une amnésie persiste. Nous supposons que leur réseau de secours a fini par s'activer.* »

Tous victimes de notre mémoire ?

Le livre d'Armin Schnider traite également d'autres troubles de la mémoire et de la pensée, tels que le phénomène de déjà-vu, la confusion de personnes et de lieux ou l'inconscience d'une atteinte neurologique. Mais les faux souvenirs ne sont pas réservés aux personnes souffrant d'une atteinte cérébrale. Chez nous tous, la reconstruction des souvenirs peut induire des erreurs. En effet, lorsque l'on nous interroge sur nos expériences, nous avons tendance, en cas de doute, à inconsciemment inventer des réponses. Notre cerveau intègre alors ces réponses dans notre mémoire comme un vrai souvenir.

De plus, la mémoire peut également être manipulée : la manière dont on pose une question va orienter la réponse. En posant la question « *How long was it ?* » à un groupe de personnes ayant visionné le même film, on obtient des estimations plus longues de 30% qu'à la question « *How short was it ?* ». Une différence non négligeable qui est par la suite enregistrée dans la mémoire comme la véritable durée du film.

En résumé, être convaincu de la vérité d'un souvenir ne garantit pas son exactitude. De même, lorsqu'un témoin peu sûr de ses observations reçoit une confirmation de sa réponse (« *oui, c'était lui le cambrioleur* »), il sera par la suite particulièrement certain de la véracité de son souvenir.
Dans le monde judiciaire, de telles manipulations et transformations de souvenirs sont particulièrement redoutées.

AVC : de nouveaux traitements révolutionnaires

Les accidents vasculaires cérébraux, ou AVC, sont la première cause de handicap moteur acquis chez l'adulte. 130 000 cas sont enregistrés chaque année en France. Quels sont les signes de l'AVC ? Comment sont-ils pris en charge ? Quels sont les espoirs pour une meilleure récupération des patients ?
Le Dr Charlotte Rosso, neurologue spécialiste des AVC à la Pitié-Salpêtrière et chercheuse à l'ICM (Institut du Cerveau et de la Moelle épinière), nous explique comment les scientifiques envisagent de créer de nouveaux neurones ou de reconfigurer le cerveau...

Quels sont les signes d'un AVC et que faire en cas d'AVC ?

L'accident vasculaire cérébral est une pathologie neurologique dont les symptômes apparaissent d'une minute à l'autre. Ils peuvent être très variés : un déficit moteur, la bouche qui dévie, le bras qui ne se lève pas bien, des chutes, des difficultés à s'exprimer, des troubles visuels ou encore de l'engourdissement d'un membre. Ils sont souvent latéralisés, c'est-à-dire qu'ils apparaissent uniquement d'un côté du corps.
Si une personne présente un symptôme brutal, elle, ou un proche, doit appeler immédiatement le SAMU ou les pompiers. Dans tous les cas, une équipe d'urgence emmène le patient dans une structure spécialisée appelée Unité de Neuro-vasculaire.



Comment sont pris en charge les patients victimes d'un AVC ?

La prise en charge dépend du type d'AVC qu'il faut donc identifier au préalable. Dans 80% des cas, l'AVC est dû à une artère du cerveau qui se bouche, on parle d'infarctus cérébral. Dans 20% des cas, l'AVC est dû à la rupture d'un vaisseau dans le cerveau, on parle alors d'hémorragie cérébrale. Actuellement il n'y a pas de traitement pour l'hémorragie cérébrale, mais nous pouvons stopper sa progression.
En revanche, en ce qui concerne l'infarctus cérébral, il existe des traitements très efficaces qui consistent à déboucher l'artère obstruée. Ils doivent être donnés très précocement, au maximum 4h30 après l'apparition des symptômes, d'où l'importance de les reconnaître et d'agir au plus vite.
Le premier traitement est la thrombolyse : un médicament donné par voie intraveineuse qui agit comme un super anticoagulant et débouche l'artère. Plus ce traitement est administré rapidement, meilleure est la récupération des patients.

Depuis un an et demi, nous avons à notre disposition un autre moyen d'action très efficace, la thrombectomie. Elle consiste à attraper le caillot grâce à un cathéter inséré dans l'artère fémorale du patient et qui remonte jusqu'aux artères du cerveau. Cette technique constitue un changement important dans la prise en charge des AVC, mais elle nécessite un plateau technique conséquent pour être mise en oeuvre. Afin de la rendre accessible au plus grand nombre, l'organisation des unités neuro-vasculaires est en cours de restructuration.



Que se passe-t-il si le patient n'est pas pris en charge à temps ?

Les cellules du cerveau qui étaient vascularisées par l'artère bouchée vont mourir. Les symptômes peuvent s'aggraver ou se stabiliser. En débouchant l'artère, il est possible de sauver certaines cellules qui vont progressivement regagner leurs fonctions.
Un patient risque de présenter des dommages cérébraux irréversibles et donc des déficits irrécupérables. Cependant une récupération partielle est possible grâce à la plasticité du cerveau. C'est le début d'autres processus qui vont se mettre en place.

Quels sont les facteurs de risque de l'AVC ?

Il existe plusieurs facteurs de risque : l'hypertension artérielle, l'hypercholestérolémie, le tabagisme, le diabète, la sédentarité et les antécédents familiaux avec des événements vasculaires ou cardiaques avant 50 ans.
Dans le cas particuliers des hémorragies cérébrales, le principal facteur de risque est l'hypertension artérielle. La prévention primaire consiste donc à dépister les patients hypertendus et à les traiter.

Comment se fait la prise en charge du patient après l'AVC ?

La rééducation est prise en charge par des spécialistes en fonction des déficits et des symptômes restants. Dans le cas de troubles moteurs par exemple, le patient sera pris en charge par des kinésithérapeutes et ergothérapeutes. Plus le patient est assidu, meilleure est sa récupération. De nouvelles stratégies, les jeux thérapeutiques, ou « serious games », ou les robots peuvent être associés à la rééducation pour améliorer la récupération.



Quels sont les espoirs pour améliorer la récupération après un AVC ?

La stimulation magnétique transcrânienne représente un espoir important : il s'agit de stimuler les cellules du cerveau via un champ magnétique. Son but est de reconfigurer le cerveau pour améliorer les effets de la rééducation et la mise en place de nouvelles connexions. Son efficacité a été démontrée chez certains patients, cependant les bienfaits observés sont temporaires. Cette technique doit donc être optimisée, plusieurs essais cliniques sont en cours, notamment pour traiter les troubles de la motricité, du langage (aphasie) et l'héminégligence (les personnes atteintes de ce trouble agissent comme si elles ignoraient la moitié droite ou gauche du monde).

Un second espoir est celui des cellules souches. Un essai européen, coordonné par un centre français à Grenoble et auquel nous participons ici à la Pitié-Salpêtrière, va tester l'injection de cellules souches en phase aigüe, c'est-à-dire quelques jours après l'AVC. L'objectif de cette injection est de favoriser la fabrication de nouveaux neurones à l'endroit où ils ont été détruits. Cet essai précurseur est très prometteur et suscite beaucoup d'espoir pour les patients.

La communication 5G a deux ans d'avance !

Deux ans avant le lancement officiel de la 5G pour le grand public, les visiteurs et les spectateurs des JO ont pu en profiter à PyeongChang, en Corée du Sud.

Le consortium Europe-Corée « 5G Champion », coordonné par le CEA-Leti, a proposé aux JO de PyeongChang la toute première preuve de concept de réseau 5G au monde, entièrement intégré et opérationnel. Cette preuve de concept 5G fut mise à la disponibilité des visiteurs, au K-ITC center et dans la Yulgok Street, aussi intitulée « IoT street », proche du village olympique de Gangneung. Des stations de type « backhaul », développées par la partie européenne et coréenne du consortium, furent installées au K-ITC center et le long de cette « IoT street ».

Les visiteurs ont pu tester la 5G à travers différentes démonstrations, y compris dans un bus circulant dans cette rue, dans lequel le consortium proposa aux passagers de tester la 5G à l'aide de lunettes virtuelles. Ils purent ainsi « se rendre » en quasi instantané et avec une vision en 3D, sur une place d'Oulu en Finlande, à des milliers de kilomètres de là. Pour ce faire, le consortium a travaillé sur la mise au point d'une connexion intercontinentale.

« Les systèmes de communication 5G dernière génération vont changer la donne mondiale en termes de perspectives technologiques, économiques, sociétales et environnementales », explique Emilio Calvanese Strinati, directeur recherche et innovation au CEA-Leti. *« Le haut débit rend les technologies plus accessibles encore. Les Jeux olympiques d'hiver 2018 à PyeongChang, en Corée du Sud, sont l'occasion d'en faire la démonstration, deux ans avant le lancement officiel de la 5G pour le grand public, en 2020. »*

Comment est née la Lune...

Au milieu des années 1970, les astronomes élaborèrent la théorie actuelle de formation de la Lune : notre satellite aurait été créé suite à une collision géante entre la Terre et une protoplanète de la taille de Mars (environ un dixième de la masse de la Terre) appelée Theia.

La collision aurait produit un nuage de gaz et de débris, lequel aurait rapidement condensé pour donner naissance à la Lune. Cette hypothèse dite de « l'impact géant » est toutefois confrontée aujourd'hui à une difficulté conséquente : elle ne peut expliquer pourquoi la Lune et la Terre sont isotopiquement identiques.

Pour y remédier, deux modèles différents ont récemment été proposés, qui expliqueraient dans quelle mesure la Lune se révèle être un véritable clone de la Terre, mais avec des prédictions radicalement différentes de la taille de l'impacteur Theia. Dans le premier scénario, deux demi-Terres auraient fusionné pour former le système Terre-Lune. Les astres résultants de cette union seraient de nature identique par symétrie impacteur-impacté. La deuxième hypothèse suggère que Theia devait être un petit projectile (quelques pourcentages de la masse de la Terre) qui heurta notre planète à très grande vitesse.

Afin de départager ces deux scénarios, une équipe de l'Institut de physique du globe de Paris et de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne a cherché à déterminer comment chaque modèle impacte la chimie globale de la Terre. Qu'il s'agisse d'un petit ou d'un grand impacteur, ce dernier a dû laisser une empreinte chimique dans le manteau terrestre, qui diffère selon la masse de Theia.

Les chercheurs ont donc confronté ces résultats aux mesures géochimiques du manteau terrestre. Ils ont ainsi effectué plus de deux millions de simulations de l'impact et des équilibres chimiques qui en résultent, en variant la masse de Theia mais également d'autres paramètres parmi lesquels le degré de fusion de la Terre avant et après l'impact, la profondeur de pénétration du noyau de l'impacteur dans le manteau terrestre ou encore son degré d'équilibrage avec ce manteau.

Quel que soit le scénario, il s'avère qu'un impacteur de masse supérieure à 15% de la



masse de la Terre - c'est-à-dire légèrement plus lourd que Mars - n'est pas cohérent avec la chimie du manteau ; il fabrique systématiquement un manteau trop enrichi en métaux tels que le nickel et le cobalt.

Par conséquent, la Lune a dû se former suite à une collision avec un impacteur relativement petit et de haute énergie, garantissant un manteau terrestre tel que celui que nous observons aujourd'hui et une composition isotopique lunaire identique à celle de la Terre.

Les premiers hommes modernes découverts hors d'Afrique !

La sortie d'Afrique de notre espèce Homo sapiens vient d'être repoussée d'au moins 60 000 ans par rapport à ce que l'on pensait jusqu'à présent...



L'histoire de notre espèce - *Homo sapiens* - est plus longue et probablement plus complexe que ne le supposaient les scientifiques. A ce jour, les premiers fossiles humains modernes trouvés en dehors du continent africain, dans deux sites archéologiques d'Israël, Skhul et Qafzeh, sont datés d'environ 90 000 à 120 000 ans.

Une équipe internationale de chercheurs* a décrit en ce début d'année le plus ancien fossile d'Homme moderne jamais découvert hors d'Afrique. La partie gauche d'une mâchoire supérieure d'adulte comprenant une grande partie de la dentition a été trouvée sur le site archéologique de Mislya Cave, situé sur les flancs du mont Carmel au nord d'Israël, près de la ville d'Haïfa.

Pour cela, les chercheurs ont appliqué plusieurs méthodes de datation à différents matériaux découverts sur le site et au fossile humain lui-même pour déterminer son âge. Les résultats suggèrent que les fossiles datent d'une période comprise entre 177 000 et 194 000 ans, repoussant ainsi la première migration de l'homme moderne hors d'Afrique d'environ 60 000 ans. En outre, le fossile de Misliya a sensiblement le même âge que d'autres fossiles d'*Homo sapiens* découverts dans deux sites d'Afrique de l'Est.



Il y a environ 160 000 ans, la voûte de la grotte de Misliya s'est effondrée, protégeant jusqu'à aujourd'hui le fossile humain et les matériaux archéologiques enfouis dans les sédiments. Les riches vestiges révèlent que les habitants de la grotte de Misliya étaient des chasseurs de gibier de grandes espèces (aurochs, daims persans, gazelles) et qu'ils contrôlaient l'utilisation du feu dans des foyers. Ils utilisaient largement les plantes et des techniques innovantes et sophistiquées pour tailler la pierre (période du Paoléolithique moyen), similaires à celles associées aux premiers humains modernes en Afrique.

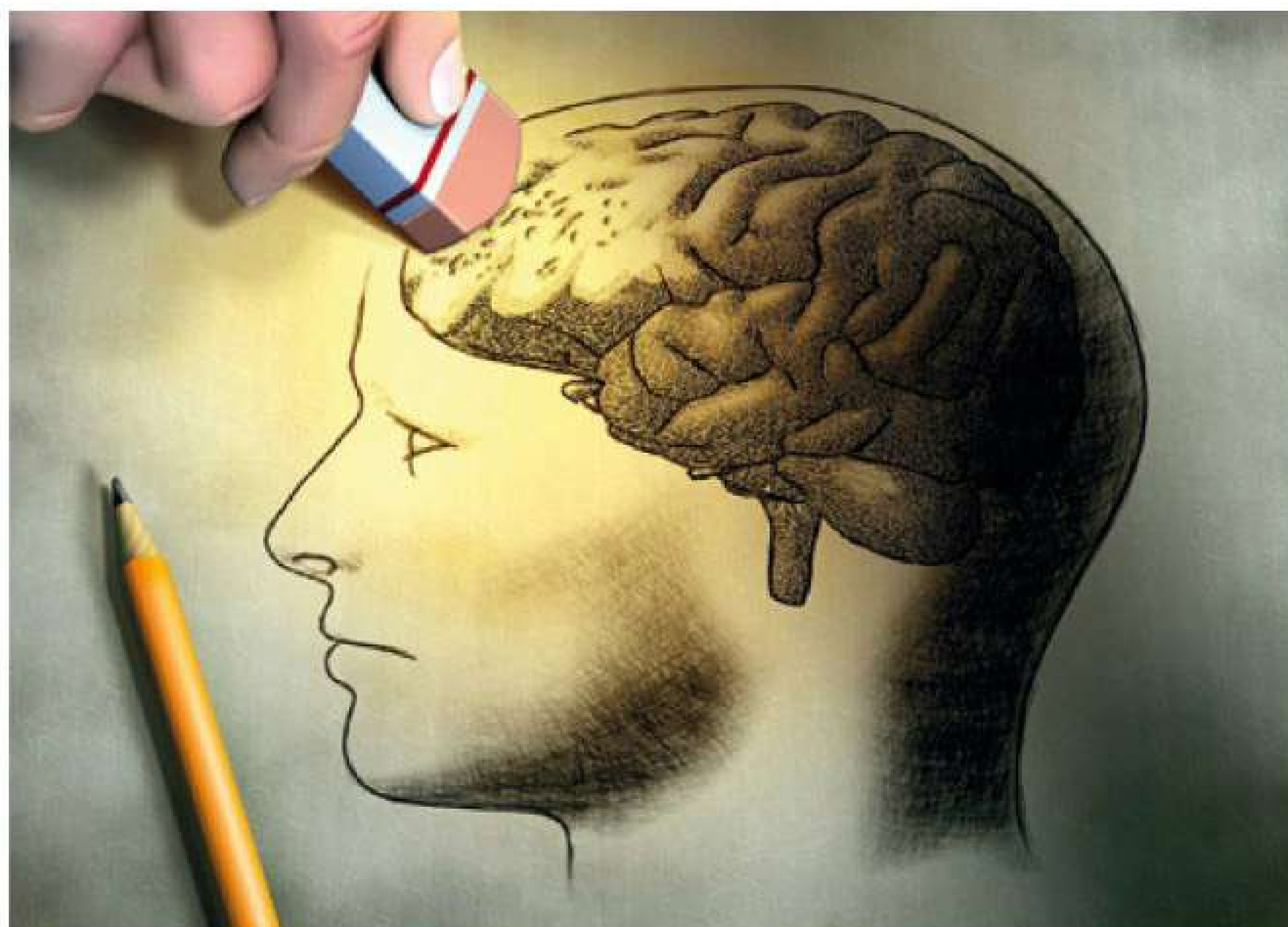
Alors que des fossiles plus anciens liés à l'Homme moderne ont été trouvés en Afrique du nord-ouest, mieux connaître le calendrier et les voies de la migration humaine moderne hors d'Afrique permet de mieux appréhender l'évolution de notre propre espèce. La région du Moyen-Orient a constitué en effet un corridor important pour les migrations des premiers hommes durant le Pléistocène et elle a été occupée à différentes époques par des hommes modernes, des Néandertaliens et même des espèces humaines antérieures.

Selon Norbert Mercier, chercheur CNRS, et Hélène Valladas, chercheuse CEA, *« cette découverte va dans le sens des données génétiques qui soutiennent l'idée d'une diffusion de gènes modernes hors d'Afrique il y a un peu plus de 200 000 ans ».*

**Impliquant des chercheurs de l'Institut de recherche sur les archéomatériaux (CNRS/Université Bordeaux Montaigne/UTMB/Université d'Orléans), du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CNRS, CEA, UVSQuniversité de Versailles St-Quentin-en-Yvelines), et du laboratoire De la Préhistoire à l'actuel : culture, environnement et anthropologie (CNRS/ministère de la Culture/université de Bordeaux).*

Maladie d'Alzheimer : on ne perd pas de neurones ?

Une équipe dirigée par Stéphanie Daumas, chercheuse à l'Institut de biologie Paris-Seine (IBPS : Sorbonne Université/CNRS/Inserm), et Salah El Mestikawy, de l'Institut universitaire en santé mentale Douglas de Montréal, remet en question le dogme qui associe la maladie d'Alzheimer à d'importantes pertes neuronales et synaptiques.



La maladie d'Alzheimer touche plus de 850 000 personnes en France, avec plus de 225 000 nouveaux cas chaque année. À ce jour, il n'existe aucun traitement réellement efficace pour traiter cette maladie dont le coût humain et social est immense.

Une règle communément admise est que cette forme de démence la plus commune chez les personnes âgées est accompagnée par une perte progressive et massive de neurones et de leurs terminaisons nerveuses. Contrairement à ce schéma, cette étude internationale, qui a été menée sur plus de 170 sujets souffrant de la maladie d'Alzheimer à des stades divers, suggère que cette maladie s'accompagne au contraire d'une faible diminution de l'expression des marqueurs neuronaux et synaptiques.

L'équipe a, par ailleurs, cherché à corréler l'ensemble de ces baisses synaptiques limitées avec le niveau de démence des individus. Selon leurs résultats, le constat est que les baisses de ces biomarqueurs n'auraient que peu d'impact sur les capacités cognitives des sujets.

Cette recherche jette donc un éclairage neuf sur une pathologie généralement considérée comme une maladie neurodégénérative. Elle suggère que, dans la maladie d'Alzheimer, la démence serait liée à un mauvais fonctionnement des synapses plutôt qu'à leur disparition. Cette découverte ouvre la voie à de nouvelles possibilités de traitements.

Des robots vont explorer les pyramides !

Un mini-robot, un ballon dirigeable miniature, tous deux capables de se faufiler dans des orifices de moins de 3,5 centimètres, vont nous aider à mieux comprendre les pyramides de l'Ancien Empire.

L'Inria et le CNRS se joignent à la faculté des ingénieurs de l'université du Caire et à l'Institut HIP (Heritage, Innovation, Preservation), avec le soutien de l'entreprise Robeauté et de La Fondation Dassault Systèmes, pour concevoir et réaliser un robot innovant destiné à explorer des monuments en laissant aussi peu de traces que possible. Les scientifiques intitulent cette approche « l'exploration robotique minimalement invasive ».

L'idée générale est d'insérer, dans un trou d'un diamètre inférieur à 3,5 cm, un petit robot afin de permettre aux scientifiques d'accéder et d'explorer à distance des endroits inaccessibles. *« À l'heure actuelle, il n'y a pas de projet concret d'envoyer un robot dans un monument en particulier »*, confie Jean-Baptiste Mouret, spécialiste en intelligence artificielle et robotique qui dirige le projet, chercheur Inria au Laboratoire lorrain d'informatique et ses applications (Inria/CNRS/université de Lorraine). *« Mais il s'agit du bon moment pour imaginer, développer et valider les technologies nécessaires à des explorations dans l'univers du patrimoine. »*

La mission ScanPyramids a en effet pour objectif de mieux comprendre les pyramides de l'Ancien Empire mais aussi d'encourager les innovations dans différents domaines (muographie, réalité virtuelle, simulation...) pour leur exploration et au-delà. L'équipe de ScanPyramids a annoncé plusieurs découvertes de cavités jusqu'alors inconnues dans la pyramide de Kheops, dont un vide de taille comparable en taille à la Grande Galerie de cette pyramide, qu'ils ont baptisé « ScanPyramids' Big Void ».

L'équipe de roboticiens envisage une mission d'exploration en deux étapes. Dans la première, un robot tubulaire doté d'une

L'ISS a rendez-vous avec la Lune

© (NASA/Bill Ingalis)



Alors qu'elle passait devant la lune le 30 janvier dernier, la Station Spatiale Internationale a pu être photographiée. Sa silhouette se détache nettement devant l'astre lunaire, tandis qu'elle file à près de 28 000 km/h, à 400 km au dessus de nos têtes. L'ISS parcourt ainsi quotidiennement une distance correspondant à un aller-retour entre la Terre et la Lune.

caméra omnidirectionnelle serait inséré afin de prendre des images en haute résolution de l'endroit inaccessible. Dans un second temps, le même interstice serait utilisé pour envoyer un nouveau robot d'exploration télécommandé qui pourrait se déplacer dans des couloirs et cartographier l'intérieur.

Pour cette seconde étape, l'équipe est en train de concevoir un ballon dirigeable miniature, plié pendant l'insertion, puis gonflé à distance une fois parvenu dans la zone à explorer. Une fois l'exploration terminée, le dirigeable retournerait à sa base, serait dégonflé, puis extrait de la même manière qu'il aurait été inséré. Le défi principal consiste donc à faire passer l'enveloppe du dirigeable, la nacelle ainsi que tous les mécanismes de déploiement à travers un espace de seulement 3,5 cm. À noter qu'une fois gonflé, le dirigeable aurait un diamètre d'environ 80 cm et une charge utile d'environ 50 g.

Ce robot volant s'appuiera sur l'expérience d'Inria en matière de robotique, ainsi que sur les capteurs légers et les principes minimalistes bio-inspirés conçus pour les microrobots aériens à l'Institut des sciences du mouvement (CNRS/Aix-Marseille université) sous l'impulsion de Franck Ruffier, chercheur CNRS. Les capteurs et l'intelligence artificielle embarqués permettront d'aider le pilote à éviter les obstacles et à atterrir précisément sur une station d'accueil.

L'homme ou la bactérie : qui est le plus malin ?

Comment les bactéries font elles pour infecter notre organisme ? Quelles « armes »leur permettent de passer à travers les mailles du filet de notre système immunitaire ? C'est ce que tente de comprendre l'équipe de Thomas Henry, chercheur à l'Inserm, et ses collaborateurs du CNRS de l'Université Claude Bernard Lyon 1 et de l'ENS de Lyon, regroupés au sein du Centre international de recherche en infectiologie (CIRI).



Détecter la présence de l'ennemi est la première étape indispensable pour induire une réponse capable de le combattre. Au sein de l'organisme, c'est le rôle du système immunitaire. Celui-ci est confronté à différents types de pathogènes, et notamment aux bactéries qui usent de toutes les stratégies possibles et imaginables pour déjouer la surveillance du système immunitaire.

Normalement, au moment de l'invasion de l'organisme humain par les bactéries, c'est un des composants particulier de la paroi bactérienne - le LPS - qui les trahit et permet aux cellules humaines de reconnaître et de déclencher une réponse immunitaire. Certaines bactéries échappent néanmoins plus souvent que d'autres au système immunitaire, et augmentent leur chance d'infecter l'organisme grâce à un LPS un peu plus discret.

Dans cette étude, les chercheurs se sont intéressés à une bactérie modèle, *Francisella novicida*, pour comprendre les mécanismes de défense de l'organisme contre les bactéries car pourvue de ce fameux « LPS discret ». Ces bactéries ont notamment la capacité de s'évader de l'intérieur des cellules de l'immunité innée (les macrophages) sensées les détruire.

Normalement, l'arrivée de LPS dans le cytoplasme des macrophages est détectée et la réponse inflammatoire déclenchée, la mort de la cellule permettant de stopper la propagation du pathogène. En réalité, il s'agit d'une course permanente entre la multiplication de la bactérie et les systèmes de détection de la cellule hôte.

Chez l'homme, les travaux des chercheurs ont permis d'identifier qu'une seule et unique protéine du macrophage est capable de détecter les bactéries à « LPS discret » : la caspase-4. Mais cette dernière ne peut pas œuvrer seule et a besoin d'alliés (en l'occurrence des cofacteurs) pour extraire le LPS de son enveloppe bactérienne afin que la caspase-4 puisse ainsi le reconnaître. Cette nécessaire coopération entre la caspase et ses cofacteurs explique

pourquoi, lorsque la chronologie de ces réactions n'est pas la bonne, la bactérie *Francisella novicida* échappe à la surveillance des macrophages.

Cette découverte explique aussi en partie pourquoi l'homme est susceptible au choc septique qui survient lorsque les bactéries envahissent le sang ou certains organes. La caspase 4 étant particulièrement sensible, les importantes quantités de LPS circulant dans le sang provoquent un emballement du système immunitaire avec des conséquences irréversibles pouvant conduire au décès. Malgré tout, la diversité des mécanismes de détection et leur redondance partielle, contribuent à ce que l'homme sorte le plus souvent vainqueur des rencontres avec des bactéries.

L'identification du fonctionnement de la caspase 4 et de ses cofacteurs représente une étape vers la mise en place de traitements anti-inflammatoires dans le choc septique.

Perturbateurs endocriniens : des troubles du comportement chez les enfants

Une étude épidémiologique menée par l'Inserm montre que l'exposition pendant la grossesse à certains phénols et phtalates est associée à des troubles du comportement des garçons entre 3 et 5 ans. Les composés les plus préoccupants à cet égard sont le bisphénol A, le triclosan et le di-n-butyl phtalate (DBP).



Le bisphénol A a été interdit de tous les contenants alimentaires en France en 2015. Le triclosan est un agent antibactérien retrouvé dans certains dentifrices et savons ; le DBP est utilisé comme plastifiant dans les plastiques de type PVC, certaines colles, vernis à ongles et laques pour les cheveux. Triclosan et DBP sont réglementés selon la logique d'une valeur limite dans certaines familles de produits, tout en étant interdits dans d'autres (le DBP est par exemple interdit d'usage dans les cosmétiques et le triclosan dans les habits dans l'UE).

Des études ont mis en évidence que ces composés étaient des perturbateurs endocriniens et pouvaient interagir avec des systèmes hormonaux impliqués dans le développement normal du système nerveux central.

Face à ces premières conclusions, les chercheurs ont souhaité étudier l'association entre les expositions aux perturbateurs endocriniens pendant la grossesse et le comportement ultérieur des enfants. L'étude a porté sur 529 petits garçons de la cohorte mère-enfant EDEN, mise en place par l'Inserm. Les femmes enceintes participant à cette cohorte ont été recrutées entre 2003 et 2006 dans les CHU de Nancy et Poitiers ; 70 à 100% d'entre elles étaient alors exposées à des niveaux détectables de différentes substances. Aux troisième et cinquième anniversaires de l'enfant, ces mamans ont rempli un questionnaire standardisé évaluant certains aspects du comportement de leur enfant tel que l'hyperactivité, les troubles émotionnels et les troubles relationnels.

Les résultats suggèrent que l'exposition maternelle à certains phénols et phtalates est associée à des troubles du comportement des petits garçons. En particulier, l'exposition au bisphénol A était associé à une augmentation des troubles relationnels à 3 ans et des comportements de type hyperactif à 5 ans. Les chercheurs notent que ce travail confirme ainsi que les effets du bisphénol A sur le comportement observés chez l'animal se retrouvent chez l'humain à des expositions faibles, probablement inférieures à celles préconisées par l'autorité européenne de sécurité alimentaire, l'EFSA.

Le métabolite du DBP était lui associé à davantage de troubles émotionnels et relationnels, incluant les comportements de repli, à 3 ans, mais pas à 5 pour les troubles émotionnels. Des associations entre ces composés et le comportement avaient déjà été mis en évidence dans de précédentes études. Les résultats de cette étude ont aussi montré une association entre le triclosan et une augmentation des troubles émotionnels à 3 et 5 ans. Il s'agit de la première étude évaluant les effets de ce composé sur le comportement, pour lequel l'équipe d'épidémiologie environnementale de Grenoble avait déjà mis en évidence une diminution du périmètre crânien à la naissance, dans cette même population. Au niveau moléculaire, le triclosan est capable d'interagir avec l'axe thyroïdien qui, pendant la grossesse, est impliqué dans le développement du cerveau du fœtus.

Un premier prototype de batterie plus performante et plus sûre

Téléphones et ordinateurs portables, voitures électriques, les batteries sont partout. Et pour répondre aux attentes du consommateur, elles sont toujours plus légères, gagnant en puissance et en autonomie. Aujourd'hui, c'est la technologie Lithium-ion qui est la plus utilisée dans le commerce. Mais cette technologie a un coût élevé et les batteries actuelles sont potentiellement inflammables.



Pour qu'une pile fonctionne, elle doit être constituée de trois éléments principaux : l'anode (le pôle négatif), la cathode (le pôle positif) et l'électrolyte. Dans nos appareils électroniques actuels, la majorité des batteries sont basées sur les ions de lithium. Lorsque la batterie se recharge, les ions de lithium quittent la cathode et passent à l'anode. Pour éviter la formation de dendrites de lithium - sortes de microscopiques stalagmites qui peuvent provoquer des courts-circuits dans la batterie, avec un risque d'inflammation - les batteries du commerce utilisent du graphite comme anode, et non pas de lithium métallique, même si ce métal ultra léger permettrait d'augmenter la quantité d'énergie pouvant être stockée.



Afin de répondre à la demande croissante des marchés émergents et de proposer des batteries toujours plus performantes (recharge rapide, quantité d'énergie stockée et sécurité accrues), des chercheurs de l'Empa, les Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, et de l'Université de Genève (UNIGE) se sont intéressés aux avantages d'une batterie « solide ». Cette solution permet d'utiliser une anode métallique en bloquant la formation de dendrites et permet donc de stocker davantage d'énergie tout en garantissant la sécurité.

« Mais il nous fallait encore trouver un conducteur ionique solide approprié qui soit stable chimiquement, thermiquement, non toxique, et qui permette au sodium de se déplacer facilement entre l'anode et la cathode », explique Hans Hagemann, professeur au Département de chimie physique de la Faculté des sciences de l'UNIGE. Les chercheurs ont ainsi découvert qu'une substance à base de bore, le closoborane, permet non seulement une bonne circulation du sodium, mais encore est un conducteur non organique, ôtant de ce fait tout risque d'inflammabilité de la batterie lors de la recharge. Un matériau aux nombreuses propriétés prometteuses.

« La difficulté était alors d'établir un contact intime entre les trois couches de la batterie : l'anode, constituée de sodium métallique solide, la cathode, un oxyde mixte de sodium et de chrome trivalent, et l'électrolyte, le closoborane », ajoute Léo Duchêne, chercheur au Laboratoire Materials for Energy Conversion de l'Empa et doctorant au Département de chimie physique de la Faculté des sciences de l'UNIGE. Les chercheurs ont pour ce faire dissout une partie de l'électrolyte de la batterie dans un solvant, avant d'ajouter de la poudre d'oxyde de sodium et de chrome trivalent. Une fois le solvant évaporé, ils ont empilé cette poudre compacte avec l'électrolyte et l'anode et pressé les différentes couches pour constituer la batterie.

Une fois la batterie testée, la stabilité électrochimique de l'électrolyte supporte une tension de 3 volts et, sur un cycle de 250 recharges, 85% de la capacité énergétique était encore fonctionnelle. Les recherches se poursuivent car il faut 1200 cycles pour que la batterie soit commercialisable.

On peut le voir franchir le mur du son !



Le futur X Plane de la NASA est un avion supersonique destiné aux vols commerciaux. Cela nécessite de réduire sensiblement le bang du franchissement du mur du son. Grâce à la strioscopie, ou visualisation de flux Schlieren, on peut voir les déplacements de l'air autour de l'avion. Sur cette photo, il passe de la vitesse subsonique à la vitesse suprasonique.

Diabète de type 2 : tout commence dans le foie



Des scientifiques suisses dévoilent le lien entre obésité et résistance à l'insuline dans les cellules du foie.

L'obésité touche aujourd'hui 650 millions de personnes dans le monde et est un enjeu majeur de santé publique. L'un de ses effets néfastes est d'augmenter le risque de développer des maladies métaboliques, principalement le diabète de type 2. Si les liens étroits entre obésité et diabète de type 2 sont bien connus, les mécanismes cellulaires et moléculaires par lesquels l'obésité prédispose au développement de l'insulinorésistance sont encore mal compris.

Des scientifiques de l'Université de Genève (UNIGE) ont découvert les facteurs qui lient l'obésité et la résistance à l'insuline, ainsi que le rôle clé joué par le foie dans l'apparition de la maladie. En déchiffrant comment la protéine PTPR-γ, dont la présence augmente en cas d'obésité, inhibe les récepteurs de l'insuline situés à la surface des cellules hépatiques, les scientifiques ouvrent la voie à de possibles stratégies thérapeutiques.

Trisomie 21 : la recherche franchit un nouveau cap

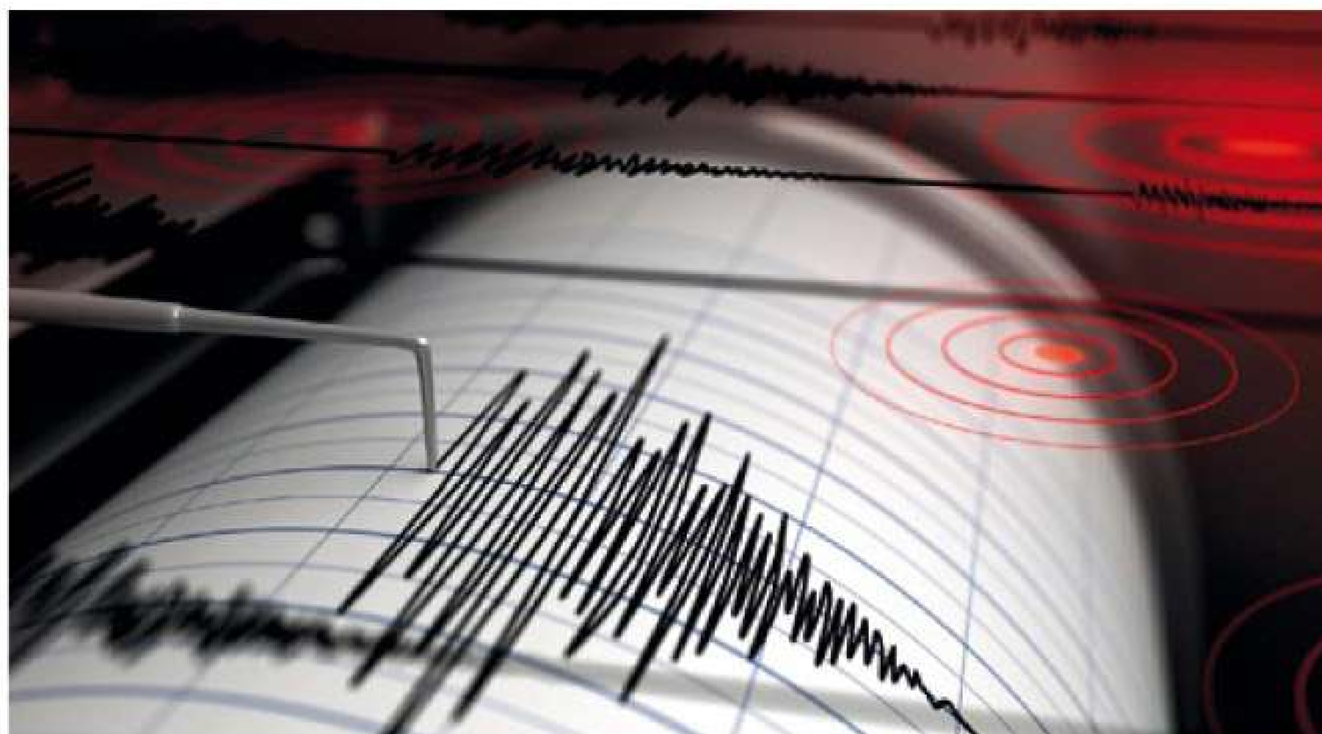
Des chercheurs de l'UNIGE et de l'ETHZ ont découvert que les symptômes de la trisomie 21 découlent d'une dérégulation incontrôlée des protéines dans les cellules.



Le syndrome de Down, ou trisomie 21, est une des maladies génétiques les plus fréquentes. Pour mieux comprendre comment une copie surnuméraire d'un chromosome 21 peut impacter le corps humain dès son développement, des chercheurs de l'Université de Genève (UNIGE) et de l'ETH Zurich (ETHZ) ont analysé pour la première fois les protéines de personnes trisomiques. Ces recherches démontrent que loin de ne toucher que les protéines codées par les gènes des chromosome 21, la trisomie 21 impacte également les protéines codées par les gènes localisés sur les autres chromosomes. En effet, les cellules se retrouvent débordées par le surplus protéique généré par les gènes tripliqués et ne parviennent plus à réguler la quantité de protéines. Ces résultats apportent une nouvelle compréhension du syndrome de Down et de ses symptômes par l'étude des protéines et révèlent les différentes conséquences du surnombre de chromosome 21 sur le comportement cellulaire.

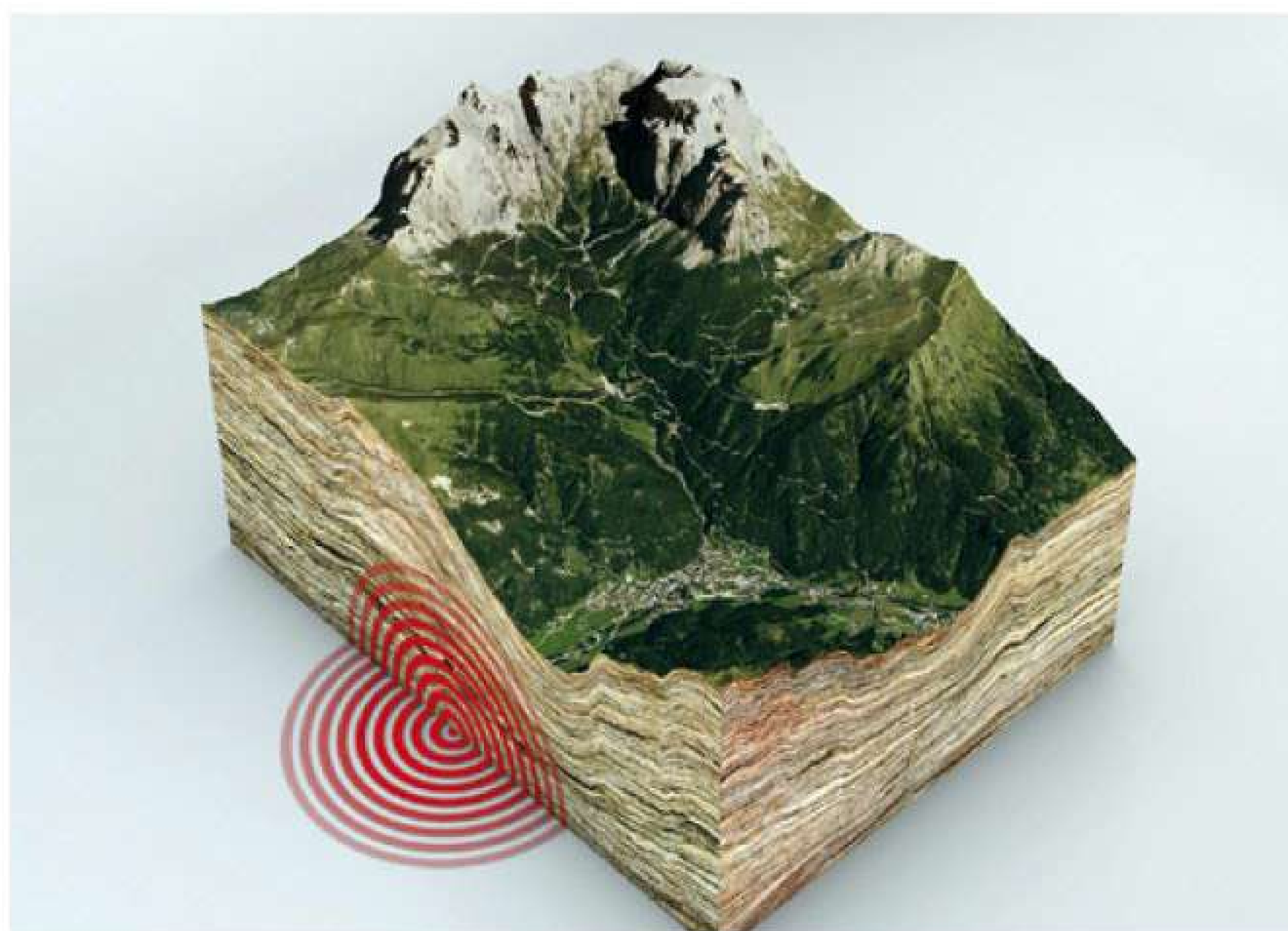
De nouveaux signaux pour détecter les forts séismes

A la suite d'un tremblement de terre, une perturbation du champ de gravité se produit quasi-instantanément, et pourrait donc être enregistrée avant les ondes sismiques habituellement analysées par les sismologues.



Les tremblements de terre changent brutalement l'équilibre des forces dans la Terre et émettent ainsi des ondes sismiques dont les conséquences peuvent être dévastatrices. Mais ces mêmes ondes ont aussi l'effet de perturber faiblement le champ de gravité terrestre, ce qui est à l'origine de l'émission d'un autre signal. Ce dernier est particulièrement intéressant dans une perspective de quantification rapide des séismes car il se transmet à la vitesse de la lumière, contrairement aux ondes sismiques qui se propagent à des vitesses entre 3 et 10 km/s. Ainsi, pour une station située à 1000 km de l'épicentre, les sismomètres peuvent potentiellement détecter ce signal plus de deux minutes avant l'arrivée des ondes sismiques.

De nouveaux travaux ont été réalisés par une équipe constituée de chercheurs du CNRS, de l'IPGP, de l'université Paris Diderot* et de Caltech. Ils font suite à la première mise en évidence de ce signal en 2016 (par J.-P. Montagner et al.), et permettent d'en approfondir grandement les connaissances. Dans un premier temps, les scientifiques sont en effet parvenus à observer ces signaux sur les données d'une dizaine de sismomètres situés entre 500 et 3000 km de l'épicentre du séisme du Japon de 2011 (magnitude 9.1). A partir de leurs observations, les chercheurs ont ensuite démontré que ces signaux sont dus à deux effets. Le premier effet est le changement de gravité se produisant à l'emplacement du sismomètre, qui modifie la position d'équilibre de la masse de l'instrument. Le deuxième effet, indirect, est dû au changement de gravité partout dans la Terre, qui perturbe l'équilibre des forces et produit de nouvelles ondes sismiques qui atteindront le sismomètre.

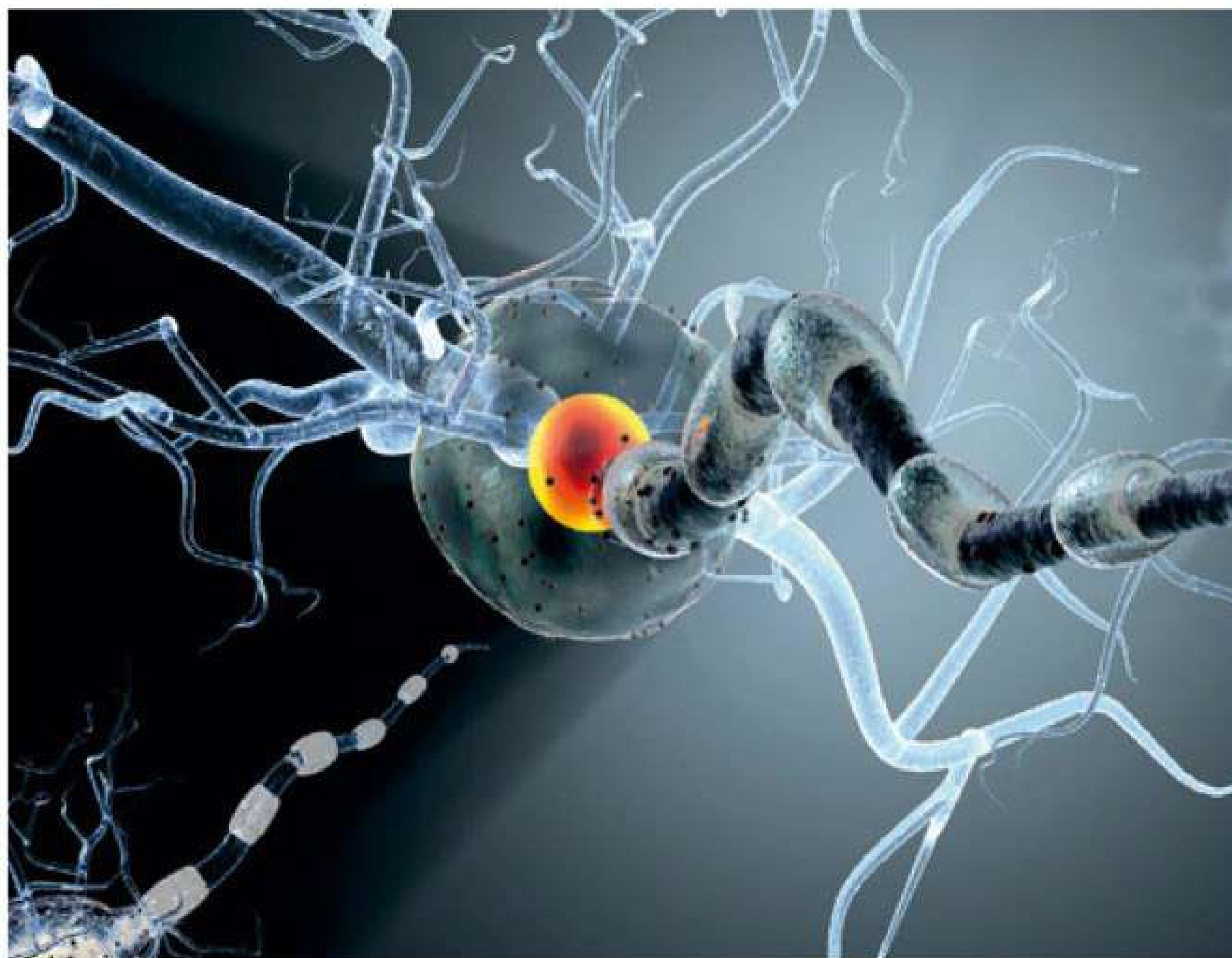


En prenant en compte ces deux effets, les chercheurs ont montré que ce signal lié à la gravité est très sensible à la magnitude du tremblement de terre, ce qui fait de lui un bon candidat pour quantifier rapidement la magnitude des forts séismes. Le défi futur est de parvenir à exploiter ce signal pour des magnitudes inférieures à 8-8.5 car en-dessous de ce seuil, le signal est trop faible par rapport au bruit sismique naturellement émis par la Terre, et le dissocier de ce bruit est compliqué. Plusieurs technologies, dont certaines inspirées des instruments développés pour la détection des ondes gravitationnelles, sont ainsi envisagées pour faire un nouveau pas en avant dans la détection de ces précieux signaux.

**Les laboratoires français impliqués dans cette étude sont l'Institut de physique du globe de Paris (CNRS/IPGP/Université Paris Diderot) et le laboratoire Astroparticule et cosmologie (CNRS/Université Paris Diderot/CEA/Observatoire de Paris).*

Détecter les risques de maladies neuro-dégénératives jusqu'à 25 ans avant !

Une étude promue par l'AP-HP a montré pour la première fois que des individus asymptomatiques risquant de développer une dégénérescence fronto-temporale (DFT) ou une sclérose latérale amyotrophique (SLA), car porteurs de la mutation c9orf72, présentent des altérations cognitives, anatomiques et structurelles très précoces, avant l'âge de 40 ans.



Les dégénérescences fronto-temporales (DFT) et la sclérose latérale amyotrophique (SLA) sont des maladies neurodégénératives pouvant avoir une cause génétique commune, dont la plus fréquente est une mutation du gène c9orf72. Certains développements précliniques ciblant ce gène offrent des perspectives thérapeutiques encourageantes. Afin de pouvoir tester l'efficacité de ces thérapeutiques potentielles, l'identification de marqueurs pour détecter l'apparition des lésions au stade précoce et suivre l'évolution de la maladie est indispensable.

En effet, il est maintenant établi que les maladies neurodégénératives causent des modifications biologiques et morphologiques plusieurs années avant l'apparition des premiers symptômes de la maladie. Ces stades pré-symptomatiques représentent probablement la meilleure fenêtre d'intervention thérapeutique pour stopper le processus neurodégénératif avant qu'il ne cause des dommages irréversibles au niveau du cerveau. L'objectif de ce travail est donc d'identifier des marqueurs du début du processus lésionnel, de la conversion clinique, c'est-à-dire de l'apparition des premiers symptômes cliniques et de la progression de la maladie.

Une étude multimodale* a été réalisée à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, AP-HP, sur une large cohorte de 80 personnes asymptomatiques porteuses de la mutation c9orf72, donc à risque de développer une DFT ou une SLA dans quelques années. Ces personnes ont été suivies pendant 36 mois (analyses neuropsychologiques, structurelles et micro-structurelles de la substance blanche du cerveau, du métabolisme cérébral, examens biologiques et cliniques) afin d'identifier des marqueurs cliniques, biologiques, de neuroimagerie, de métabolisme cérébral...

Les résultats de cette étude ont montré pour la première fois des altérations cognitives et structurelles très précoces chez des sujets de moins de 40 ans, qui sont détectables en moyenne 25 ans avant le début des symptômes. Des troubles praxiques (difficultés dans la réalisation de certains gestes) apparaissent de façon précoce. Ce ne sont pas des symptômes classiques des DFT, et l'une des hypothèses est qu'ils pourraient être dus à une modification précoce du développement de certaines régions cérébrales, peut-être liée à la mutation. De façon intéressante, des altérations de la substance blanche du cerveau, détectées précocement par l'IRM, prédominent dans les régions frontales et temporales, les régions cibles de la maladie, et pourraient donc constituer l'un des meilleurs biomarqueurs de la maladie. Dans son ensemble, cette étude apporte une meilleure compréhension du spectre de la maladie causée par des altérations de c9orf72.

La mise en évidence de biomarqueurs à des stades très précoces est un premier pas vers le développement d'outils nécessaires à l'évaluation de nouveaux traitements. En effet, afin de prévenir l'apparition de la maladie, il est nécessaire d'administrer des médicaments aux stades présymptomatiques et donc de développer des outils qui permettent de savoir quand commencer le traitement et de mesurer son efficacité.

**Cette étude a été menée à l'Institut du cerveau et de la mœlle épinière - Inserm / CNRS / UPMC - à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière AP-HP, par le Dr Isabelle Le Ber, Anne Bertrand et Olivier Colliot (chercheur CNRS).*

Découverte du plus ancien plésiosaure au monde

Alors que les dinosaures régnaient sur la terre ferme et dans les airs, d'autres sortes de reptiles peuplaient les mers et océans. Les plésiosaures, qui se déplaçaient par « vol subaquatique », formaient le groupe le plus diversifié. Mais quand sont-ils apparus ?

Il y a 250 millions d'années, à la fin de l'ère primaire, la plus grande crise d'extinction connue à ce jour a vu disparaitre 95% des espèces marines. A la suite de cette crise, divers groupes de reptiles se sont adaptés au milieu marin. Parmi eux, les plésiosaures constituaient le groupe le plus diversifié de l'ère secondaire et l'un de ceux ayant perduré le plus longtemps, puisqu'ils ont disparu en même temps que les dinosaures non aviens. La plupart d'entre eux avaient une petite tête au bout d'un long cou. Avec leur corps trapu portant quatre nageoires semblables, ils avaient un mode de locomotion très efficace : une sorte de vol subaquatique proche de celui des tortues de mer. Bien qu'ils soient étudiés depuis environ 300 ans, on ne connaissait encore aucun plésiosaure du Trias, première période de l'ère secondaire.

Ce n'est plus le cas depuis la découverte d'un fossile particulièrement bien conservé, réalisée en 2013 par un particulier en Westphalie (Allemagne). Une équipe de paléontologues* vient d'en publier la première description formelle. Le squelette comprend une partie du crâne, la colonne vertébrale et la cage thoracique, les ceintures pectorale et pelvienne ainsi que les membres gauches. L'animal vivait à la fin du Trias, il y a 201 à 208 millions d'années, et sa longueur a pu être estimée à environ 2,3 mètres, ce qui en fait un plésiosaure d'assez petite taille.

Suite à une description minutieuse du fossile, il a été attribué à une nouvelle espèce baptisée *Rhaeticosaurus mertensi*, placée dans la famille des Pliosauridae (plésiosaures à cou relativement court et crâne long). Sa position dans l'arbre des plésiosaures révèle que ce groupe s'était déjà diversifié au Trias et que plusieurs lignées ont résisté à l'extinction de masse entre le Trias et le Jurassique.

Une analyse plus approfondie a permis de déduire que le spécimen était un juvénile, âgé d'un peu plus d'un an, et que cette espèce avait une croissance rapide. Cette vitesse de croissance élevée, proche de celles observées chez les mammifères et oiseaux, est retrouvée chez l'ensemble des plésiosaures, suggérant qu'ils étaient des animaux à sang chaud. Ceci est en adéquation avec leur distribution puisque les plésiosaures se sont très vite dispersés mondialement grâce à l'efficacité de leur mode de propulsion. Capables de réguler leur température corporelle, ils ont pu s'aventurer en pleine mer et dans les eaux plus froides, résistant sans doute ainsi à l'extinction Trias-Jurassique.

**Ces travaux sont signés par des chercheurs des universités de Bonn (Allemagne), Osaka et Tokyo (Japon), et du laboratoire Mecadev (CNRS/ Muséum national d'Histoire naturelle).*

À l'âge du bronze, le métal des objets en fer venait des météorites

Si la présence d'objets en fer dès l'âge du bronze peut surprendre, leur origine est encore plus extraordinaire...

L'âge du fer commence en Anatolie et dans le Caucase autour de 1200 ans avant notre ère. Mais près de 2000 ans plus tôt, diverses cultures façonnent cependant déjà des objets en fer. Ces artéfacts restent extrêmement rares et bénéficient toujours d'un grand prestige. Comment expliquer leur valeur, alors que les minerais de fer sont très abondants à la surface de la Terre ? Des premiers travaux ont montré que certains avaient été conçus avec du fer provenant de météorites, ce qui a poussé les chercheurs à se demander quelle part de ces vestiges avait une origine extraterrestre.

Dans le cadre de ses travaux menés à l'Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (CNRS/UPMC/IRD/Muséum national d'Histoire naturelle)*, Albert Jambon a repris les données disponibles et mené ses propres analyses. Il s'est intéressé à divers objets : des perles en fer retrouvées à Gerzeh (Égypte, -3200), une dague découverte à Alaca Höyük (Turquie, -2500), un pendentif d'Umm el Marra (Syrie, -2300), une hache d'Ugarit (Syrie, -1400) et plusieurs autres de la dynastie Shang (Chine, -1400), ou encore la dague, le bracelet et l'appuie-tête de Toutankhamon (Égypte, -1350).

Résultat : tous ces artéfacts en fer de l'âge du bronze sont bien d'origine météorique. Rappelons que lors de la formation de gros astres tels que notre planète, le nickel migre presque entièrement vers le noyau de fer liquide. Ce métal est donc rare en surface. Certaines météorites naissent en revanche de la destruction d'astres et, si elles proviennent du coeur de ces derniers, elles sont principalement composées

de fer avec une forte teneur en nickel et en cobalt. C'est ce qui permet de distinguer la source du fer. Il se trouve également que dans les météorites le fer est à l'état de métal et peut donc être utilisé tel quel contrairement aux minerais terrestres qui sont transformés en métal par une opération de réduction consistant à ôter l'oxygène qu'ils contiennent. Le fer extraterrestre n'ayant pas besoin d'être réduit dans les fourneaux de l'âge du bronze, cela explique pourquoi les objets en fer étaient alors tous d'origine météoritique.

L'invention de la technique permettant d'ôter l'oxygène des minerais de fer a ensuite ouvert le véritable âge du fer et les rarissimes métaux extraterrestres ont été entièrement délaissés au profit de minerais extrêmement plus courants et économiques. Albert Jambon réfute au passage certaines théories qui rendaient possible l'obtention de fer chargé en nickel avec des minerais terrestres.

Albert Jambon travaille également en association avec le laboratoire Géoazur (CNRS/Université Nice Sophia Antipolis/Observatoire de la Côte d'Azur/IRD).

150 km d'un réseau militaire vieux de 4 000 ans découvert en Syrie du Nord



En Syrie, la découverte de plus d'un millier de sites a renouvelé notre connaissance du peuplement des steppes pour toutes les périodes de l'histoire du Proche-Orient. Récemment, l'analyse d'images aériennes et satellitaires a permis la découverte d'un très vaste réseau structuré de surveillance et de communication datant de l'âge du Bronze moyen (2e millénaire av. J.-C.).

La région prospectée par une mission franco-syrienne* des « Marges arides de Syrie du Nord » se situe à l'est de Hama et s'étend sur environ 7 000 km². Placée à la lisière des régions sédentaires très peuplées du Croissant fertile à l'ouest, et de la steppe aride, domaine des nomades, à l'est, elle n'a pas été exploitée de manière constante par les habitants. L'équipe pluridisciplinaire de la mission géoarchéologique y a découvert des sites particulièrement bien conservés, dont un réseau fortifié de surveillance du territoire datant du deuxième millénaire (-2000 à -1 550). C'est la première fois qu'un système fortifié d'une telle ampleur est mis en évidence sur le terrain.

Cette structure d'une étendue exceptionnelle est composée d'un ensemble de forteresses, de fortins, de tours et d'enclos, longeant le relief qui domine la steppe de Syrie centrale et protégeant les agglomérations et leurs territoires. D'après le travail des chercheurs, ces forteresses étaient composées de gros blocs de basalte non taillés et constituées de murs de plusieurs mètres de largeur et de hauteur. De plus, chaque site fortifié était implanté pour permettre un contact visuel avec d'autres. L'organisation spatiale de ce réseau dépend ainsi de la capacité de communication par signaux lumineux (ou de fumée) afin de transmettre rapidement des informations vers les grands centres du pouvoir. Ce réseau régional aurait eu pour vocation la défense du territoire, la surveillance et la protection des axes de circulation et surtout la protection des terres les plus attractives.

Ces résultats complètent les observations de terrain effectuées en amont et qui avaient déjà permis la datation des sites à partir de céramiques collectées sur place. L'accès à des observations aériennes et satellites, de 1960 à nos jours, a permis de restituer le réseau bien au-delà des limites de la zone prospectée. Il a ainsi été repéré sur une distance nord-sud d'environ 150 km.

**Ces travaux ont été menés par des chercheurs du laboratoire Archéorient – environnements et sociétés de l'Orient ancien (CNRS - Université Lumière Lyon 2) et de la Direction générale des antiquités et musées de Syrie.*

Un iceberg bleu



© NASA/Chris Larsen

Dans le détroit de McMurdo, en Antarctique, cet iceberg présente des caractéristiques particulières avec sa glace immergée très bleue. Cela est dû naturellement aux reflets de l'eau, mais également à l'érosion de certains icebergs qui laisse voir une glace très ancienne et dense, incroyablement bleue. Et cela même au-dessus de la surface de l'eau.

Dyslexie : pourquoi un tel impact sur l'écriture ?

La dyslexie est un trouble de l'apprentissage du langage écrit empêchant d'acquérir les automatismes nécessaires aux processus de lecture et d'écriture. De nombreuses études ont eu pour but de comprendre l'origine des difficultés éprouvées par les personnes dyslexiques lors de la lecture. Peu de questions ont, en revanche, été posées quant aux mécanismes de l'écriture.



Dès l'entrée de l'enfant dans le système scolaire, il est primordial pour lui d'arriver à maîtriser l'écriture, tant cet outil est sollicité en permanence. Certains élèves présentent cependant des difficultés pour apprendre à écrire. Parmi eux, on retrouve souvent des enfants dyslexiques qui, en l'absence de troubles moteurs, ont pourtant plus de difficultés avec l'écriture qu'avec la lecture.

Une série d'études menées au GIPSA-Lab de Grenoble ont permis de mettre en évidence que les mouvements d'écriture ne sont pas des mouvements manuels simples. Plus spécifiquement, les chercheurs se sont intéressés aux interactions existant entre la maîtrise de l'orthographe et le geste d'écriture. Il a par exemple été constaté que les mouvements pour écrire les lettres MON dans un mot orthographiquement régulier, c'est-à-dire s'écrivant tel qu'il se prononce comme « montagne », seront plus simples à produire que dans le mot irrégulier « monsieur ».



En collaboration avec le CHU Grenoble Alpes et le CERCA, à Poitiers, les chercheurs ont ensuite focalisé leurs travaux sur l'observation d'enfants dyslexiques. En cas de dyslexie, la maîtrise orthographique est affaiblie alors même que l'enfant ne présente pas de troubles moteurs. En faisant varier le niveau de complexité orthographique, les chercheurs ont pu analyser l'impact des difficultés de traitement orthographique sur le mouvement d'écriture. Les tests consistaient à écrire des mots de différentes classes : réguliers ou irréguliers, fréquents ou rares, sensés (ex : futur) ou pseudo-mots n'ayant pas de sens (ex : furut). Pour parvenir à comprendre précisément comment l'orthographe affectait le geste d'écriture, les chercheurs ont enregistré les mouvements graphiques des participants sur des tablettes digitales.

Il découle de ces analyses que l'écriture de mots irréguliers et de pseudo-mots présente un impact particulièrement prononcé sur le mouvement manuel chez les enfants dyslexiques. Le contrôle de l'orthographe leur devient tellement coûteux qu'il interfère ou inhibe leur geste d'écriture. Ces enfants produisent alors des tracés irréguliers et parfois illisibles. Ils sont alors souvent considérés à tort comme « dysgraphiques », autrement dit présentant un trouble au niveau de la mécanique du mouvement d'écriture. Ce diagnostic erroné a comme conséquence une rééducation inefficace et peut conduire au découragement de l'enfant.

Pour offrir un accompagnement efficace aux enfants dyslexiques, ces travaux soutiennent donc l'idée qu'il est nécessaire d'affiner avec précision le diagnostic et de mettre en place un protocole de rééducation qui couple les aspects orthographiques et moteurs.

**Ces travaux ont été menés par Sonia Kandel, professeure de l'Université Grenoble Alpes au GIPSA-Lab (CNRS/Université Grenoble Alpes/Grenoble INP) et ses collègues, en collaboration avec le Centre référent pour les troubles du langage et des apprentissages scolaires du CHU Grenoble Alpes et le Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage (CERCA - CNRS/Université de Poitiers/Université de Tours).*

Découverte de plus de 100 millions de gènes dans l'océan

L'expédition Tara Oceans (2009-2013) a permis de collecter des échantillons de plancton dans tous les océans du globe à bord de la goélette Tara, et d'établir des catalogues d'espèces et de gènes à une échelle jusqu'alors jamais entreprise.

Le plancton est composé d'organismes très différents dont les plus simples (bactéries, virus...) commencent à être connus génétiquement, grâce entre autres aux travaux précédents de Tara Oceans. En revanche, les organismes plus complexes, tels les algues, les parasites ou les animaux microscopiques sont beaucoup moins connus, alors qu'ils représentent la grande majorité des espèces dans l'océan. Base de la chaîne alimentaire dans les océans, le plancton constitue le plus vaste écosystème de la planète, et assure le bon fonctionnement des cycles biogéochimiques essentiels pour la survie des organismes, y compris nous-mêmes. Composé de millions d'espèces différentes, la complexité du plancton représente un défi considérable pour la compréhension de ces flux de matière et d'énergie, dont dépend toute vie sur terre.

Pour combler cette lacune, et définir les conditions d'expression de ces gènes, des chercheurs du Genoscope au CEA, du CNRS, de l'EMBL et de l'ENS, viennent d'établir le plus grand catalogue de gènes jamais assemblé pour un écosystème planétaire, composé d'environ 117 millions de séquences différentes. Ils ont observé des gènes s'exprimant dans des conditions écologiques particulières. Ils ont également mis en évidence une proportion particulièrement élevée de gènes aux fonctions biologiques encore inconnues, et qui représente plus de la moitié du catalogue obtenu. Il apparaît que ces gènes sans fonction définie s'expriment surtout dans un petit nombre de conditions environnementales.

Si la fonction des gènes du plancton peut désormais être étudiée globalement grâce à ce catalogue, il reste à identifier les organismes auxquels ils appartiennent. De nombreux gènes ont pu être attribués à de très petits organismes (moins de 20 micromètres) se nourrissant d'algues et de bactéries, et constituant un échelon intermédiaire fondamental de la chaîne alimentaire. Cette analyse a révélé une diversité de fonctions insoupçonnées, révélatrice de la spécialisation dans ce compartiment du plancton.

Mise en œuvre par les 22 laboratoires impliqués principalement rattachés au CEA, CNRS, l'EMBL, l'ENS et la Fondation Tara Expéditions, Tara Oceans continue d'apporter des éléments majeurs pour décrire le rôle de l'océan dans la « machine » planétaire. Pour relier les gènes océaniques aux phénomènes physiques globaux comme le climat, les chercheurs doivent encore comprendre dans quelles conditions les gènes s'expriment ou non, et à quels organismes ils appartiennent. L'horizon ouvert par cette expédition n'en finit pas de s'élargir.

Evoluer pour mieux tolérer les nouveaux venus ?

Que se passe-t-il suite à l'invasion d'une nouvelle espèce ? Cela peut déclencher l'évolution rapide de traits chez les espèces locales avec lesquelles elle entre en compétition.



Les invasions biologiques constituent aujourd'hui un processus d'une ampleur inégalée, résultant largement des activités humaines. Leurs impacts écologiques et socio-économiques sont bien documentés, mais leur potentiel en tant que générateur d'évolution en milieu naturel l'est moins. En particulier, l'arrivée d'une espèce invasive peut menacer le maintien d'une espèce locale, surtout quand les deux espèces sont proches et entrent en

compétition. Cette situation, nouvelle pour les deux espèces, crée une pression de sélection naturelle les poussant à changer de morphologie ou de mode de vie.

En théorie, ces pressions ne sont pas identiques : l'espèce locale doit apprendre à mieux tolérer le nouveau compétiteur, alors que l'espèce invasive devrait avoir une longueur d'avance de ce point de vue, sans quoi elle n'aurait peut-être pas réussi à envahir. Par ailleurs, comme cette dernière se trouve dans une situation d'expansion géographique, colonisant régulièrement de nouveaux territoires, le prix à payer peut être une perte de diversité génétique et de valeur sélective en front de colonisation en raison du faible nombre d'individus qui fondent chaque nouvelle population. Ce sont ces prédictions qu'ont testé et validé des chercheurs de l'IRD et du CNRS (La Réunion et Montpellier) en observant deux espèces d'escargots d'eau douce qui cohabitent dans les mares de Guadeloupe.

Les auteurs de l'étude mènent un suivi annuel de la communauté d'escargots (environ 30 espèces) dans près de 250 mares depuis une quinzaine d'années. Ceci a permis non seulement de suivre la progression de l'espèce invasive (Physa acuta) qui occupe actuellement 60% des sites, mais aussi d'échantillonner des sites dans lesquels l'espèce invasive est arrivée depuis plus ou moins longtemps (de 0 à 6 ans, soit jusqu'à une trentaine de générations). Les densités des populations de l'espèce locale (Aplexa marmorata) diminuent avec le temps de coexistence avec l'espèce invasive, suggérant fortement un effet compétitif.

En croisant ce suivi avec une analyse en laboratoire des traits dans un grand nombre de populations des deux espèces, les auteurs montrent que l'espèce locale a évolué vers des traits favorisant une croissance rapide des populations, par exemple une reproduction plus précoce. Le protocole utilisé permet de mettre en évidence que cette évolution a une base génétique, et ne résulte pas d'une simple plasticité. Chez l'espèce invasive, on observe des performances moins bonnes en front de colonisation, comme prédit par la théorie. Il est à noter que les écosystèmes, par exemple la couverture végétale des mares, ou la démographie des autres espèces ne semblent pas avoir été affectés par l'arrivée de l'espèce invasive.

Ces résultats montrent qu'une évolution darwinienne des traits chez une espèce locale peut, en quelques générations, résulter de l'interaction avec une espèce invasive ; on parle de « déplacement de caractères ». Des évolutions aussi rapides sont rarement documentées chez des animaux en conditions naturelles. Ces résultats alimentent aussi notre compréhension du fonctionnement et de l'évolution des communautés d'espèces dans le cadre des changements planétaires en cours. (Source : Institut Ecologie et Environnement - INEE)

Les doses faibles de médicaments anticancéreux plus efficaces

Comment sortir du cercle vicieux dans lequel les traitements les plus efficaces sont presque aussi toxiques que la maladie ? L'hypothèse de la « Thérapie Adaptative », élaborée par Robert Gatenby en 2009, propose une stratégie innovante pour contourner ce problème.

L'émergence, sous traitement, de la résistance thérapeutique constitue en effet le principal facteur contribuant à la mortalité des patients atteints de cancer. L'idée de la « Thérapie Adaptative » est d'administrer des chimiothérapies à des doses faibles pour réduire la pression de sélection sur les cellules cancéreuses, évitant ainsi d'éradiquer les cellules les moins dangereuses, qui peuvent être gardées sous-contrôle car sensibles au traitement, au profit des cellules résistantes. Ceci revient



en quelque sorte à transformer les cancers en maladies chroniques, tout en limitant l'expansion des cellules responsables de la rechute.

Les équipes de Daniel Fisher à l'Institut de génétique moléculaire de Montpellier et de Michael Hochberg à l'Institut de sciences de l'évolution de Montpellier, apportent la première validation expérimentale de ce concept de la "Thérapie Adaptative" fondée sur les principes de l'évolution Darwinienne. L'administration de doses réduites d'anticancéreux qui arrêtent la prolifération des cellules cancéreuses, pourrait se révéler plus efficace en maintenant une compétition entre cellules sensibles et résistantes à la chimiothérapie. Cette étude confirme ce principe en démontrant que l'efficacité des régimes de Thérapie Adaptative dépend de la compétition spatiale au sein des tumeurs.

Ces premiers résultats encourageants montrent que cette innovation thérapeutique mérite d'être approfondie. A terme, il pourrait ainsi devenir envisageable, au moins dans le cas de certains cancers, d'administrer aux patients des doses réduites de molécules anticancéreuses avec comme bénéfice de réduire les effets secondaires néfastes et de prolonger de plusieurs années leur espérance de vie. (Source : Institut des Sciences Biologiques - INSB)

Les molécules sont-elles droitières ou gauchères ?

Quand le signal de départ est donné, deux électrons s'élancent dans des directions opposées. Celui qui remporte la course a une avance d'à peine sept attosecondes. Soit sept précédé de 17 zéros avant la virgule, ou $7x10^{18}$ seconde. Une différence si petite que, jusqu'à présent, il était impossible de la mesurer. Pourtant, elle constitue une signature des molécules dont s'échappent les électrons : la chiralité.

Cette mesure d'une précision inouïe a été réalisée par une équipe internationale de recherche qui a dirigé un laser ultrarapide sur des molécules de camphre. Les équations théoriques prédisaient le phénomène, mais personne n'avait pu le prouver, comme l'expliquent les chercheurs.



En enfilant le gant droit dans la main gauche, on expérimente ce qu'on appelle la chiralité : deux formes en tout point semblables mais qu'on ne peut pas superposer puisqu'elles sont des images miroir différentes. Cette propriété se retrouve un peu partout dans notre univers et à toutes les échelles, des particules élémentaires aux galaxies.

Bien que les caractéristiques physiques des molécules chirales soient les mêmes, une forme est la plupart du temps favorisée par les organismes vivants, dans l'ADN ou les acides aminés, par exemple. Diverses pistes existent pour expliquer cette « homochiralité de la vie » mais aucune ne fait consensus. Les conséquences de ce phénomène sont pourtant immenses, en pharmacologie par exemple : les deux images miroir d'une molécule chirale peuvent avoir des effets thérapeutiques très différents.

Afin de révéler les propriétés subtiles des molécules miroir, l'équipe internationale de recherche (INRS/CNRS/CEA/UPMC/Université de Bordeaux/Institut Weizmann) a étudié leur photoionisation, c'est-à-dire la manière dont elles perdent leurs électrons quand elles sont soumises à la lumière. La lumière produite par un laser ultrarapide du Centre lasers intenses et applications (CELIA, CNRS/Université de Bordeaux/CEA) à Bordeaux est d'abord polarisée de façon circulaire, puis dirigée vers les molécules de camphre. Ainsi, le champ électromagnétique décrit une spirale régulière dont le sens peut être ajusté à loisir. Lorsque cette lumière en

spirale atteint la molécule chirale, elle provoque l'éjection d'un électron qui suivra lui aussi une trajectoire en spirale.

Dans le camphre sous forme gazeuse, les molécules sont orientées au hasard. La lumière du laser ne frappe donc pas toujours le même côté de la molécule chirale, et éjecte les électrons dans différentes directions. Pourtant, pour une image miroir donnée, les électrons sont éjectés davantage vers l'avant ou vers l'arrière de la direction de la lumière, selon son sens de polarisation, de la même façon qu'un écrou se déplace dans un sens ou l'autre selon la direction de la rotation.

Samuel Beaulieu, doctorant en science de l'énergie et des matériaux en cotutelle à l'INRS et à l'Université de Bordeaux, est remonté avec ses collègues aux sources de ce phénomène en mesurant très précisément l'éjection des électrons. Il a ainsi non seulement confirmé qu'un plus grand nombre d'électrons sont émis dans une direction, mais a surtout découvert qu'ils sont émis sept attosecondes plus tôt que dans la direction opposée. Il y a donc une asymétrie dans la réactivité de la molécule de camphre lorsqu'elle est ionisée par la lumière polarisée circulairement.

L'ionisation asymétrique des molécules chirales est une des explications possibles de l'homochiralité de la vie. L'expérience de Samuel Beaulieu a capturé les premières attosecondes d'un processus qui, sur des milliards d'années d'évolution, pourrait avoir mené à une préférence pour certaines molécules gauches ou droites dans la chimie de la vie. Il faudra d'autres découvertes fondamentales comme celle-ci pour comprendre chaque étape de cette histoire où les événements se produisent à l'échelle de l'attoseconde.

L'homme : ce voisin gênant pour les requins

Ils comptent parmi les plus puissants prédateurs des océans. Les requins sont pourtant vulnérables, et plusieurs espèces font même face à un risque important d'extinction. Les réserves marines mises en place pour préserver les écosystèmes récifaux sont-elles capables de les protéger ?

Une enquête récente menée par une équipe internationale (CNRS, Université de Montpellier, IRD et Université de Nouvelle-Calédonie) apporte un début de réponse. Son objectif : mesurer l'état de référence des populations de requins dans les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, et utiliser les récifs les plus isolés comme référence pour réévaluer l'efficacité des réserves marines.

« Nous avons déployé 385 stations de caméras appâtées et réalisé 2 790 plongées sous-marines pour échantillonner les communautés de requins de récifs sur l'ensemble de l'archipel de la Nouvelle-Calédonie », indique Laurent Vigliola, biologiste marin à l'IRD. Pour la première fois, les niveaux d'abondance et le nombre d'espèces des requins de récifs coralliens ont été évalués en relation avec la densité de population humaine, allant de récifs isolés et inhabités jusqu'à des densités de 2 135 habitants au km^2, près de la capitale Nouméa.

Principal résultat de l'étude : seuls les récifs isolés de l'archipel, à plus de 25 heures de trajet de la capitale Nouméa, sont encore fréquentés significativement par les requins. La présence de ces grands prédateurs est fortement réduite près des populations humaines, même s'ils ne sont pas ciblés directement par la pêche. Sur les récifs proches de l'homme (moins d'une heure de navigation de Nouméa), et donc soumis à diverses pressions, l'abondance en requins chute de 97% et leur richesse spécifique de 94% par rapport aux récifs isolés, considérés comme sites de référence proche d'un état originel.

Autre résultat de cette étude : seules les grandes aires marines protégées anciennes et intégrales sont efficaces pour préserver les requins. Les aires marines protégées de petite taille (<30 km^2) et proches de l'homme offrent une protection efficace pour de nombreuses espèces mais présentent peu de bénéfices pour les requins.

Pour défendre efficacement ces précieux alliés de la santé des écosystèmes coralliens, l'étude pointe une solution : créer de vastes aires marines protégées inaccessibles à l'homme, seules susceptibles de maintenir les populations de requins de récifs à des

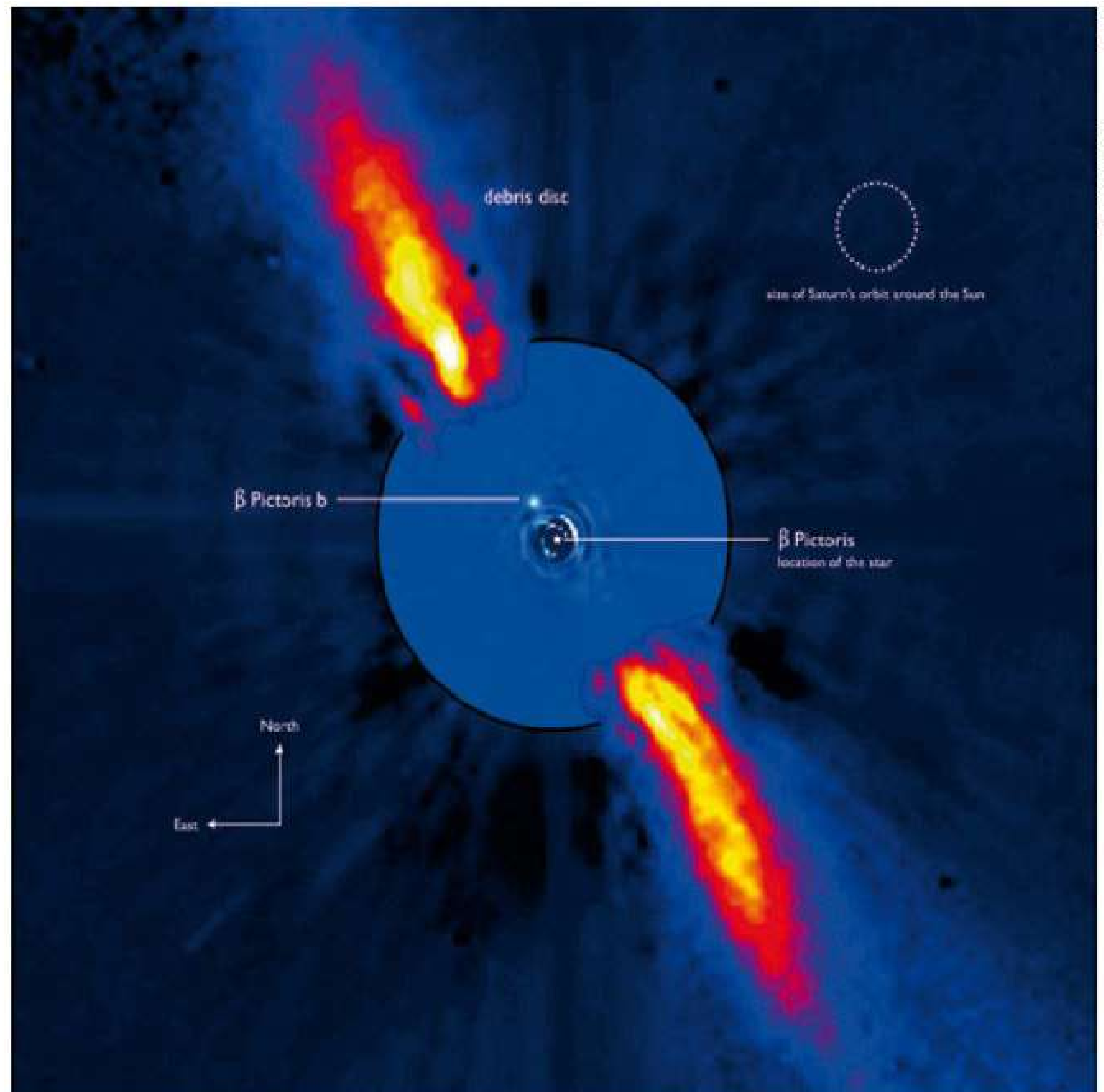


niveaux de référence. Les chercheurs attirent également l'attention sur l'importance de protéger les récifs coralliens isolés, derniers refuges de vie pour la mégafaune marine en voie d'extinction. Il n'en reste plus que 1,5% pour l'ensemble de la planète...

Aidez à observer une exoplanète !

Lancé le 12 janvier dernier, le nanosatellite français PicSat va percer les mystères de l'étoile Beta Pictoris, son exoplanète et son célèbre disque de matière. Les radioamateurs sont invités à collaborer.

Il est grand comme trois pommes, sa consommation électrique équivaut à celle d'une ampoule économique, et son télescope ne fait que cinq centimètres de diamètre, comme ceux des astronomes amateurs débutants. Pourtant, ce nanosatellite va permettre de mieux connaitre le système de l'étoile Beta Pictoris, une star du ciel de l'hémisphère Sud.



© ESO/A-M. Lagrange et al.

Beta Pictoris n'est qu'à 63,4 années-lumière de nous et très brillante, ce qui la rend facile à étudier. Cela tombe bien : c'est une étoile extrêmement jeune, seulement 23 millions d'années, qui passionne les chercheurs depuis la découverte d'un grand disque de poussières, de gaz et de débris rocheux autour d'elle, au début des années 1980. Ce disque, vestige du nuage primitif qui a donné naissance à l'étoile, est un cas d'étude rare pour les astronomes du monde entier, qui le scrutent régulièrement depuis : mieux connaître Beta Pictoris, c'est mieux comprendre la formation des planètes géantes et des systèmes planétaires en général. En 2009, une équipe française dirigée par Anne-Marie Lagrange* y a découvert une planète gazeuse géante : Beta Pictoris b, sept fois plus massive que Jupiter, qui tourne autour de son étoile à 1,5 milliard de kilomètres de distance, comme Saturne autour du Soleil.

Or, vue de la Terre, la planète Beta Pictoris b pourrait passer devant son étoile d'ici l'été 2018. Observer ce transit, qui se reproduit tous les 18 ans, permettrait de déduire la taille exacte de l'exoplanète, l'étendue et la composition de son atmosphère, et sa composition chimique. Mais un transit de la planète ne durera que quelques heures. Réussir à observer ce phénomène, dont on ne connait pas le moment exact, impose donc une surveillance continue du système planétaire : c'est possible seulement depuis l'espace, notamment pour échapper au cycle jour-nuit et au passage des nuages.

Pour tenter d'observer ce transit, seul un satellite très léger, un nanosatellite, pouvait être développé en un délai très court. Il a été réalisé en trois ans seulement par des chercheurs et ingénieurs de l'Observatoire de Paris et du CNRS. C'est le tout premier satellite entièrement conçu et intégré dans leurs murs.

PicSat est exploité à partir du Lesia, à Meudon. Cependant, la station du laboratoire ne pourra observer le satellite qu'environ 30 minutes par jour. Or, PicSat transmet sur les fréquences radioamateurs, grâce à l'aide du Réseau des émetteurs français (REF). Toute personne disposant d'un minimum d'équipement de réception radio pourra écouter ses transmissions. L'équipe PicSat invite donc les radioamateurs à collaborer pour suivre le satellite, recevoir ses données et les transmettre à la base accessible sur internet. Sur PicSat.obspm.fr, toute personne intéressée peut s'inscrire, suivre les mises à jour et, si elle le souhaite, faire partie du réseau radio.

PicSat est prévu pour fonctionner pendant un an. Dès qu'il observera le début du transit de la planète ou tout autre phénomène, le télescope de 3,6 mètres de diamètre de l'ESO, à la Silla au Chili, sera immédiatement activé pour prendre le relai à l'aide de l'instrument Harps. Associées à celles de PicSat, ses données permettront d'affiner les mesures.

**Chercheuse CNRS de l'Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble (CNRS/Université Grenoble Alpes).*

Le « super génome » des trisomiques

C'est grâce à un génome d'une excellente qualité que les personnes trisomiques arrivent à survivre à la grossesse et à grandir.



La trisomie 21, ou syndrome de Down, est une maladie génétique qui consiste en l'addition d'un troisième chromosome 21. Bien que cette anomalie génétique concerne une naissance sur 700, seul 20% des fœtus atteint de trisomie 21 arrivent à terme. Mais comment parviennent-ils à survivre au premier trimestre de grossesse, malgré ce lourd handicap ? Et à grandir et vivre, parfois jusqu'à l'âge de 65 ans ? Des chercheurs des universités de Genève (UNIGE) et de Lausanne (UNIL) ont découvert que les enfants trisomiques qui naissent possèdent un génome de qualité supérieure à celui d'une personne qui n'est pas atteinte par cette anomalie génétique. Il peut ainsi compenser les handicaps induits par le chromosome surnuméraire et permettre au foetus de survivre et à l'enfant de grandir et de se développer.

« Le génome est l'ensemble du matériel génétique qui constitue l'individu », explique Stylianos Antonarakis, professeur honoraire à la Faculté de médecine de l'UNIGE et responsable de cette recherche. *« C'est lui qui détermine ce qui fait l'être, le fait grandir et vieillir, avec ou sans maladie. Il y a donc des génomes de meilleure qualité que d'autres, moins sujets aux maladies telles que le cancer. »* En posant l'hypothèse du super génome, les généticiens ont testé la variation, la régulation et l'expression des gènes de 380 personnes trisomiques et les ont comparées à celles de personnes non atteintes par la maladie génétique.



Le premier test consistait à observer la présence de variants rares, c'est-à-dire de mutations génétiques potentiellement délétères, chez les personnes trisomiques. Il est connu qu'un même chromosome peut avoir différents variants rares sur ses deux copies. Or, chez une personne trisomique, les mutations sont identiques sur les trois copies du chromosome 21 et peu nombreuses, diminuant ainsi le nombre de variants potentiellement délétères.

Dans un deuxième temps, les généticiens ont testé la régulation des gènes sur le chromosome 21. Chaque gène possède des interrupteurs qui régulent leur expression soit en positif, soit en négatif. Une personne trisomique ayant trois chromosomes 21, celui-ci est donc exprimé en surnombre. *« Mais nous avons découvert que les trisomiques ont plus de régulateurs qui diminuent l'expression du gène 21, permettant ainsi de compenser le surplus induit par la troisième copie »*, explique Konstantin Popadin, chercheur au Center for Integrative Genomics de l'UNIL.

Enfin, les chercheurs se sont intéressés à la courbe de variation de l'expression des gènes pour les chromosomes de l'ensemble du génome. Sur une échelle allant de 0 à 100, chaque expression de gène s'inscrit dans une courbe de variation globale, dont la médiane, 50, constitue l'expression idéale. *« Pour un génome normal, les expressions oscillent entre 30 et 70, alors que chez une personne trisomique, la courbe de variation présente un pic très proche de 50 pour l'ensemble des chromosomes »*, constate Stylianos Antonarakis. *« Cela signifie que le génome d'une personne trisomique tend davantage vers la moyenne et donc vers un fonctionnement optimal. »* En effet, plus les variations sont faibles, meilleur est le génome.

Ces trois tests ont permis aux généticiens de l'UNIGE et de l'UNIL de tester les trois fonctions du génome des personnes trisomiques. *« Ces recherches nous ont permis de constater qu'effectivement, pour qu'un enfant atteint du syndrome de Down puisse survivre à la grossesse puis se développer, il faut que son génome soit d'une qualité supérieure, afin de compenser les handicaps induits par la copie surnuméraire du chromosome 21 »*, conclut Konstantin Popadin. Ces résultats peuvent ensuite être transposés aux autres maladies génétiques graves, dont les grossesses parviennent à terme.

Acidité des océans : la menace s'accroît



Selon une étude menée par les chercheurs du LSCE*, d'ici la fin du siècle les variations saisonnières de l'acidité des océans (pH) seront plus marquées qu'aujourd'hui, pouvant même être multipliées par deux. La saisonnalité du pH, considérée jusqu'à présent comme plutôt favorable à l'adaptation des organismes marins au réchauffement global, pourrait en réalité se révéler délétère.

Neuf modèles climatiques globaux, dont deux français, établissent que les variations d'acidité entre été et hiver devraient augmenter dans toutes les régions océaniques au cours du siècle à venir. Dans les régions tropicales et subtropicales, les organismes marins sont exposés pendant l'été à un surcroît d'acidité associé à la hausse estivale des températures. Dans les régions océaniques plus froides, les variations sont inversées, les mécanismes dominants étant la photosynthèse l'été (puits de CO2) et la dégradation de la matière organique l'hiver (source de CO2).

Les scientifiques estimaient jusqu'alors que cette variabilité saisonnière favorisait la capacité d'adaptation des organismes aux changements à plus long terme, notamment la hausse de l'acidité causée par l'augmentation du CO2 dissous, associée au réchauffement climatique. Cependant, ils montrent que des fluctuations saisonnières de plus grande amplitude affecteront négativement cette capacité d'accoutumance, contrebalançant ainsi ce relatif optimisme.

Les chercheurs ont confronté leurs simulations des variations saisonnières de l'acidité de l'océan aux mesures des fluctuations quotidiennes (jour-nuit) de pH d'un réservoir d'eau de mer représentatif. Pour cela, ils ont exploité des mesures de pH effectuées en continu sur deux sites marins voisins de la baie de Naples, l'un représentant l'océan actuel et l'autre celui attendu en 2100, le bouillonnement volcanique y augmentant localement le CO2 dissous. Résultat : la différence jour-nuit de l'acidité du site perturbé est environ le double de celle du site de référence, en accord avec les simulations.

Ces modèles ont également permis de réaliser des projections sur un indicateur de « calcification », le processus par lequel les coraux et les organismes à coquille produisent leur matériel squelettique, montrant que les conditions estivales pourraient finalement devenir moins propices à la formation des coraux et des coquilles carbonatées dans la majeure partie des océans.

**Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CEA, CNRS, Université Versailles St Quentin en Yvelines).*

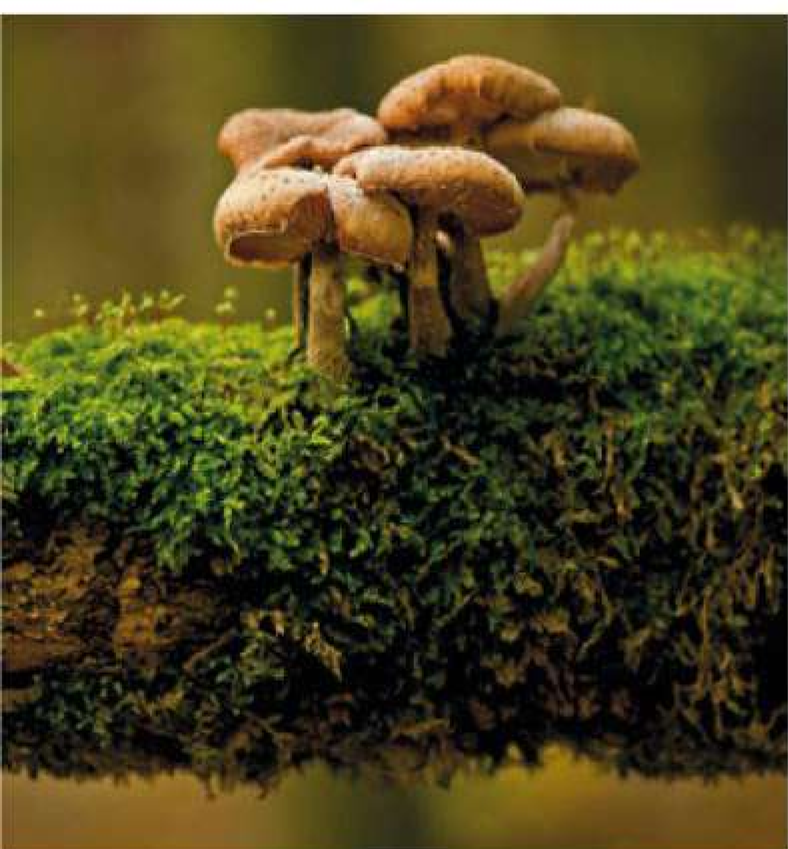
Une découverte intéressante pour les biocarburants

Les parois des cellules des végétaux sont constituées d'une matière appelée lignocellulose qui focalise les recherches dans la filière des biocarburants et de la chimie verte depuis une dizaine d'années. Cette matière première, abondante dans les déchets végétaux, est cependant très résistante à la dégradation enzymatique, et ceci rend la production de biocarburants trop coûteuse pour l'instant.

Des chercheurs de l'Inra et du CNRS ont découvert une nouvelle famille d'enzymes produite par des champignons dégradeurs de bois et capable de faciliter la dégradation du xylane, un polysaccharide particulièrement récalcitrant des parois végétales.



En effet, dans la nature, certains champignons filamenteux décomposent efficacement le bois grâce à un arsenal enzymatique complexe et varié qui fait l'objet d'un intérêt croissant pour le développement de procédés biotechnologiques performants dans un contexte de développement durable. Les chercheurs de l'Inra de l'unité mixte de recherche Biodiversité et Biotechnologie Fongiques (BBF) de Marseille mènent des recherches sur les stratégies enzymatiques que ces champignons ont développées et ont constitué, depuis 30 ans, une collection unique de champignons filamenteux spécifiques de la dégradation du bois, appelée CIRM-CF.



Entre 2007 et 2010, les chercheurs de l'Inra ont collecté en Guyane française, pour la collection CIRM-CF, des souches du genre *Pycnoporus*, qui se développent sur le bois et s'en nourrissent. Depuis 2014, une souche du champignon de la pourriture blanche, *Pycnoporus coccineus*, identifiée comme un dégradeur efficace du bois, a fait l'objet d'un séquençage de son génome et les fonctions de ses différentes enzymes, produites lorsque le champignon colonise le bois, ont été étudiées.

En collaboration avec le laboratoire Architecture et fonction des macromolécules biologiques (CNRS/ Aix-Marseille Université), l'Université de York en Angleterre et l'unité Biopolymères Interactions Assemblages de l'Inra de Nantes, les chercheurs marseillais ont réussi à identifier la fonction biologique d'une enzyme jusqu'alors inconnue. Cette protéine dégrade spécifiquement le xylane qui recouvre les fibres de cellulose du bois et qui est résistant aux hydrolases classiques. La comparaison de plusieurs centaines de génomes fongiques connus a montré que cette nouvelle famille d'enzymes est uniquement présente chez les champignons dégradeurs de bois.

D'un point de vue biotechnologique, cette nouvelle classe d'enzymes présente un intérêt majeur pour des procédés de production de biocarburants. Les essais menés sur la dégradation du pin et du peuplier montrent que son utilisation peut pratiquement doubler l'efficacité de la transformation de la cellulose du bois en glucose, par rapport à l'action des cellulases employées classiquement par l'industrie.

Les chercheurs ont déposé deux brevets sur ces enzymes qui catalysent la coupure oxydative du xylane, pour faciliter la saccharification de la biomasse végétale lors de la production de bioéthanol et pour la modification de surface des fibres papetières.

UN



NE MEURT

JAMAIS.

EN TRIANT VOS JOURNAUX,
MAGAZINES, CARNETS, ENVELOPPES,
PROSPECTUS ET TOUS VOS AUTRES
PAPIERS, VOUS AGISSEZ POUR UN MONDE
PLUS DURABLE. DONNONS ENSEMBLE
UNE NOUVELLE VIE À NOS PRODUITS.
CONSIGNESDETRI.FR

CITEO

Le nouveau nom d'Eco-Emballages et Ecofolio

NOUVEAU

Science & PARANORMAL

Nouveau

N°2

Télépathie animale

Ils vous parlent, comment décrypter ?

Réincarnation

Mémoire des vies antérieures

L'utilité de la régression

L'influence du karma

Mystère

Le vrai pouvoir des pierres

Spiritualité

Les miracles autentifiés de Lourdes

Univers parrallèles

Le hasard n'existe pas, tout est prédestiné

OVNIS

Du nouveau dans l'étrange rencontre de Valensole

Incroyable : 53 ans après, l'histoire de l'OVNI tombé dans les Alpes-de-Haute-Provence ressurgit ! Nos révélations.

Phénomène inexpliqué

L'énigme de la bague maudite

Étrange

10 mythes sur la pleine lune

Numérologie

Calculez les 3 chiffres sacrés de votre naissance

Que vous réserve 2019 ?

Magie Blanche

Le retour des sorcières

Guide des rituels

Développer les 7 dons



Lafont presse

c'est positif !

En kiosques ou sur www.lafontpresse.fr

